



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# STANDARDNÍ OBRÁBĚCÍ PROCESY V MENŠÍCH STROJÍRENSKÝCH FIRMÁCH

STANDARD MODE OF TECHNOLOGY IN CONDITION OF A SMALL FIRM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Jan KOLEČKÁŘ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2011/12

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Jan Kolečkář

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Standardní obráběcí procesy v menších strojírenských firmách**

v anglickém jazyce:

#### **Standard mode of technology in condition of a small firm**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Přehled standardních výrobních procesů (historický vývoj, zákonitosti, využití, rozšíření, ekologie). Rozbor metod soustružení, frézování, vrtání. Novodobé trendy v obrábění. Příklady technologií ve firmách. Zhodnocení procesů ze všeobecného pohledu.

Cíle bakalářské práce:

Rozbor obráběcích metod. Znalost strojového zařízení. Znalost nástrojového vybavení. Provázanost teoretických poznatků s reálnými situacemi.

Seznam odborné literatury:


1. CIHLÁŘOVÁ, Petra, Michael Lars George HILL and Miroslav PÍŠKA. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. Miroslav Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
6. KOCMAN, Karel. Speciální technologie obrábění. 3. vyd. Brno: VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 2004. 230 s. ISBN 80-214-2562-8.
7. FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. Konstrukční oceli. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 1996. 262 s. ISBN 80-85867-95-8.
8. FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli. 1. vyd. Brno: Dům techniky Brno, 1994. 234 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 8.11.2011



  
prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

  
prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan

**ABSTRAKT**

První část práce je zaměřena na historický vývoj obráběcích procesů. Druhá část se zabývá ekologií v obrábění a ochranou životního prostředí. Třetí část popisuje metody obrábění se zaměřením na soustružení, frézování a vrtání jakožto nejužívanější obráběcí metody v menším strojírenském podniku.

**Klíčová slova**

historie obrábění, ekologie, soustružení, frézování, vrtání

**ABSTRACT**

The first part of the thesis is focused on the historical machining protection processes evolution. The second part deals with ecology in machining and environmental. The third part describes machining methods and it is focused on the turning, milling and drilling in condition of small firm.

**Key words**

history of machining, environmental, turning, milling, drilling

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KOLEČKÁŘ, Jan. *Standardní obráběcí procesy v menších strojírenských firmách*. Brno 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 43 s., 19 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Standardní obráběcí procesy v menších strojírenských firmách** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Jan Kolečkář

**PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi z VUT FSI za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Robertu Kolečkářovi z firmy SOHAG a.s. za poskytnutí firemních materiálů.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ .....	5
PODĚKOVÁNÍ .....	6
OBSAH .....	7
ÚVOD .....	9
1 HISTORICKÝ VÝVOJ OBRÁBĚCÍCH PROCESŮ .....	10
1.1 Historický vývoj soustružení .....	10
1.2 Historický vývoj frézování .....	11
1.3 Historický vývoj vrtání .....	12
2 EKOLOGIE V OBRÁBĚNÍ .....	13
3 METODY OBRÁBĚNÍ .....	15
3.1 Soustružení .....	15
3.1.1 Definice pohybu při soustružení .....	15
3.1.2 Druhy soustružení .....	16
3.1.3 Parametry soustružení .....	16
3.1.4 Základní práce na soustruhu .....	16
3.1.5 Nástroje – soustružnické nože .....	16
3.1.6 Stroje – soustruhy .....	19
3.1.7 Upínání obrobků .....	20
3.1.8 Upínání nástrojů .....	21
3.2 Frézování .....	21
3.2.1 Válcové frézování .....	22
3.2.2 Čelní frézování .....	23
3.2.3 Okružní frézování .....	23
3.2.4 Planetové frézování .....	24
3.2.5 Definice pohybu při frézování .....	24
3.2.6 Parametry frézování .....	24
3.2.7 Nástroje – frézy .....	24
3.2.8 Stroje – frézky .....	25
3.2.9 Upínání obrobků .....	27
3.2.10 Upínání nástrojů .....	28
3.3 Vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování .....	28
3.3.1 Definice pohybu při vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování .....	28
3.3.2 Parametry vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování .....	28

3.4 Vrtání .....	29
3.4.1 Parametry vrtání .....	29
3.4.2 Nástroje – vrtáky .....	29
3.4.3 Stroje – vrtačky.....	32
3.4.4 Upínání obrobků a nástrojů.....	33
3.5 Vyhrubování a vystružování .....	33
3.5.1 Nástroje – výhrubníky a výstružníky .....	34
3.6 Zhlubování.....	35
3.6.1 Nástroje – záhlubníky.....	35
4 DISKUZE.....	37
4.1 Diskuze – historický vývoj obráběcích procesů .....	37
4.2 Diskuze – ekologie v obrábění.....	37
4.3 Diskuze – metody obrábění.....	37
ZÁVĚR .....	38
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	39
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	41
SEZNAM PŘÍLOH.....	43



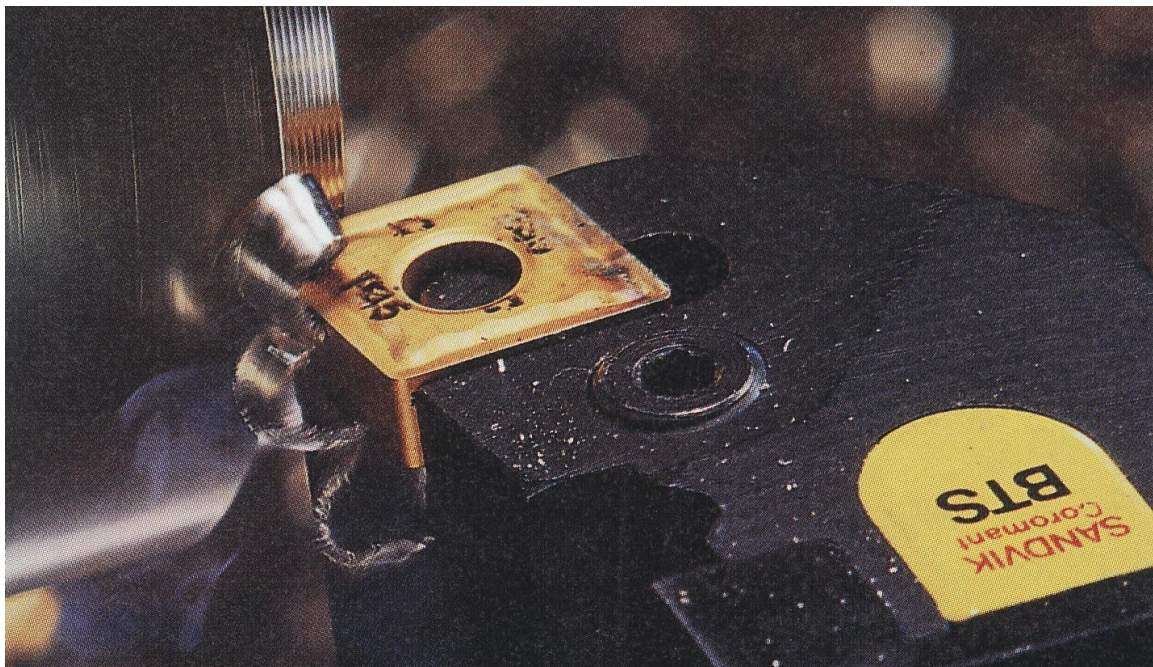
## ÚVOD

Strojírenství je jedno z nejstarších a nejrozšířenějších odvětví nejen v České republice, ale i ve světě. Toto odvětví se nejrychleji rozvíjelo v období průmyslové revoluce, ale počátky jsou datovány až do starověku. Řada českých strojírenských firem má bohatou historii a i nyní jsou významnou oporou pro českou ekonomiku. Jednou z hlavních oblastí strojírenství je třískové obrábění, které je nepostradatelnou součástí většiny strojírenských oborů, např. automobilového a energetického průmyslu, atd. V dnešní době je třískové obrábění soustředěno především na CNC obráběcí stroje, které umožňují produktivní a velmi přesnou výrobu součástí.

V průběhu studia na střední škole jsem absolvoval praxi v malé strojírenské firmě, zaměřené na výrobu strojních dílů třískovým obráběním. V této firmě jsem působil jako obsluha CNC obráběcího centra a měl jsem možnost seznámit se s problematikou třískového obrábění. Tato zkušenost byla pro mě velmi přínosná, jelikož znalosti získané během studia jsem si mohl následně ověřit přímo v praxi. Problematika třískového obrábění mě zaujala natolik, že jsem se jí rozhodl věnovat podrobněji v této práci.

Tato práce *Standardní obráběcí procesy v menších strojírenských firmách*, se zabývá základními technologiemi třískového obrábění tj. soustružením, frézováním a vrtáním, které jsou nejčastěji používány v menších strojírenských firmách. Ostatními metodami jako např. broušení, honování, lapování, superfinišování, vyvrtávání, obrážení, hoblování, protahování, atd., se tato práce nezabývá.

Několik stran je také věnováno historii třískového obrábění a ekologii.

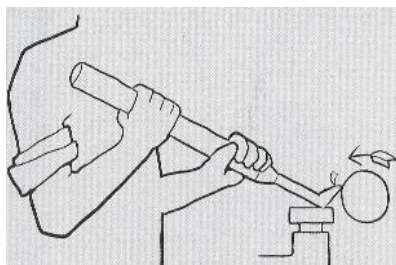


Obr. 1 Soustružnický nůž firmy Sandvik Coromant v záběru [1].

## 1 HISTORICKÝ VÝVOJ OBRÁBĚCÍCH PROCESŮ

Obrábění je oslňující věda s bohatou historií, která v dnešních dobách není tak stará, jak se může zdát (obr. 1.1). Z pohledu dnešního se podstatná část vývoje obrábění odehrávala v dobách jako průmyslová revoluce, která probíhala v 18. a 19. století. Ve 20. století pak došlo k výraznému zrychlení ve vývoji tohoto odvětví. Hodnocení se může jevit jako správné za předpokladu, že pro základ hodnocení se bude brát v úvahu převážně produktivita. Toto hodnocení neodpovídá řemeslnickému vývoji, které již existovalo dlouhou dobu před průmyslovou revolucí. Také již existovalo množství zkušeností a tzv. know-how v oblasti obrábění kovů. Americký dějepisec Lewis Mumford v knize „Mýtus stroje“ popisuje vývojové etapy techniky a také lidstva následovně: „Co je běžně považováno za technologickou zaostalost pro období 600 let před tak zvanou průmyslovou revolucí, není nic jiného, než zvláštní druh zaostalosti historické učenosti. Velké technické pokroky v 18. století měly počátek v biblických dobách, nebo v době bronzové... [1].“

Pozn.: Obrázky byly zachovány, z důvodu zachování historické hodnoty.



Obr. 1.1 Dříve používané ruční nástroje pro soustružení [1].

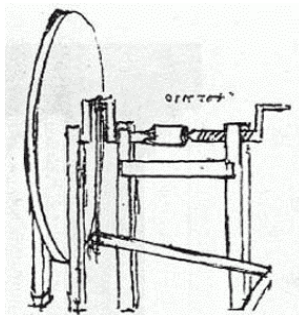
Obrábění kovů na obráběcích strojích není nijak zastaralé, ale jedná se převážně o mladou záležitost. Spolu v oblasti se vzrůstajícím výzkumem obráběných a řezných materiálů se výrazným způsobem spolupodílelo na vývoj v tomto století. Vysoká poptávka po stále více produktech spolu se zvyšující se produktivitou dovedla strojírenský průmysl na dnešní vysokou úroveň technologie [1].

Až do 18. století bylo obrábění kovů na strojích velmi nevyzrálé a málo rozšířené. Dominantním materiálem bylo dřevo. Do 19. století se obrábění kovů soustředilo na kovářské práce. K podstatnému zrychlení vývoje došlo v okamžiku, kdy byl k dispozici mechanický pohon strojů. Zdrojem byl nejprve parní stroj a následně dnešní podoba elektromotorů. V průběhu 20. století se začaly do obráběcích procesů výrazně nasazovat prvky řízení a automatizace [1,2].

### 1.1 Historický vývoj soustružení

- **Mladší doba kamenná** – v Egyptě nalezeny archeologické nálezy (soustružené předměty),
- **doba bronzová** – nalezeny soustružené předměty z bronzu,
- **3. stol. př. Kristem** – staří Řekové již znali soustruh. Dosvědčuje to řecký mechanik Fijóna z Byzantia v díle Mechaniko syntaxi,
- **1. stol. př. Kristem** – římský architekt a mechanik Marcus Vitruvius se zmiňuje o soustruhu v díle De architectura. Také bylo nalezeno na náhrobku starořímského kameníka vyobrazení tzv. smyčcového soustruhu,
- **polovina 13. století** – objevena modifikace tzv. smyčcového soustruhu,

- **polovina 14. století** – pohon soustruhu vodní silou,
- **15. století** – primitivní suport sloužící k držení a vedení soustružnického nože,
- **konec 15. století** – další konstrukce rotačního pohonu jako např. lanko a závaží, lanový převod z kola otáčeného klikou, šlapací soustruh se setrvačníkem od Leonarda da Vinci (obr. 1.2),



Obr. 1.2 Kresba soustruhu Leonarda da Vinci [4].

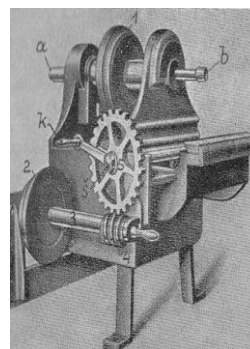
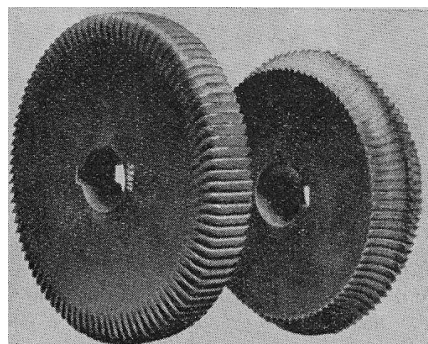
- **počátek 2. poloviny 16. století** – nákresy soustruhu na řezání závitů a soustruhu na soustružení podle šablony od Jacquese Bessona,
- **rok 1701** – první podrobný popis soustruhů a popis vykonávaných prací od Ch. Plumiera ve spisu *L'Art de tourner en perfection*,
- **rok 1785** – řezání různých druhů šroubových závitů na vřetenovém soustruhu a také již existoval suport na hodinářském soustruhu,
- **druhá polovina 18. století** – konstrukce suportového soustruhu od ruského mechanika A. K. Nartova,
- **rok 1794-1797** – konstrukce železného soustruhu s pevně vedeným suportem umožňujícím pohyb nože podél soustruženého předmětu i kolmo k němu od anglického mechanika H. Maudslaya,
- **rok 1800** – zdokonalení železného soustruhu pro přesné řezání závitů od stejného autora železného soustruhu [3].

## 1.2 Historický vývoj frézování

Vývoj frézek nebyl tak výrazný jako např. u vrtaček nebo soustruhů jeho datování je počátkem 19. století [5].

- **Konec 18. století** – vyrobeny první frézovací nástroje (obr. 1.3), které se svými břity podobaly pilníkům. Jejich využití bylo převážně v zámečnictví,
- **rok 1818** – vznik první frézky, která nesla základní prvky dnešních frézek. Stojan byl nízký, zhotoven ze dřeva a byl podepřen tenkými litinovými nohama (obr. 1.3),
- **rok 1840** – převážná většina pilovacích operací byla nahrazena operacemi frézovacími,
- **rok 1862** – konstrukce univerzální frézky, která již měla velmi podobné rysy frézek novodobých a sloužila k výrobě šroubových vrtáků,
- **rok 1900** – proběhlo několik vylepšení univerzální frézky jako např. rovný stojan byl nahrazen pyramidovým a také došlo k zesílení konzoly [5].



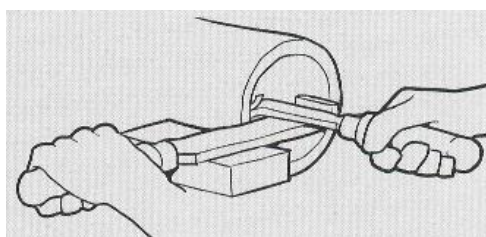


Obr. 1.3 Původní frézovací nástroje (vlevo), původní frézka z roku 1818 (vpravo) [5].

### 1.3 Historický vývoj vrtání

Vrtání patří mezi jeden z nejstarších způsobů obrábění materiálu. Již v době kamenné vznikla tzv. smyčcová vrtačka, která je obdobou smyčcového soustruhu [3].

- **Starší doba kamenná** – již se používaly pazourkové vrtáky s klínovým ostřím,
- **mladší doba kamenná** – objeven trubkový (jádrový) vrták, který vyvrtával jádro z obráběného materiálu (obr. 1.4),



Obr. 1.4 Dříve používané nástroje pro vyvrtávání [1].

- **doba bronzová a železná** – objeveny kovové vrtáky s klínovým ostřím,
- **rok 1373** – dochovaná zpráva o nejstarší vyvrtávačce na hlavně děl,
- **15. století** – doloženy spirálovitě stočené vrtáky. Leonardo da Vinci udělal návrh vodorovné i svislé vyvrtávačky k výrobě trub ze dřeva. Pokrok v podobě vrtačky s klikovým mechanismem,
- **rok 1540** – autor V. Biringuccia v díle De la pirotechnia libri X podrobně vyobrazil a popsal vodorovnou vyvrtávačku na vodní pohon,
- **rok 1615** – francouzský inženýr Salomon de Caus vyobrazil ve svém díle vyvrtávačku, která byla poháněna vodním kolem a sloužila na výrobu dřevěného vodovodního potrubí,
- **rok 1720** – byl učiněn zásadní pokrok v kovoobráběcích vyvrtávačkách. Sestrojena vyvrtávačka na vyvrtání dělových hlavní, jejíž autorem byl Keller,
- **rok 1765** – sestrojena vyvrtávačka na vyvrtání válců parních strojů, jejímž autorem byl Angličan Smeaton,
- **rok 1774–1775** – Angličan John Wilkinson sestrojil skutečně vyhovující vyvrtávačku, která měla stejné použití jako v předchozích letech,
- **rok 1770** – Angličan P. Cooke začal používat spirálový vrták pro obrábění dřeva,
- **ve 20. letech 19. století** – v Anglii a USA se začaly používat spirálové vrtáky pro obrábění kovů [3].

## 2 EKOLOGIE V OBRÁBĚNÍ

Ekologie, recyklace a znovu obnovitelné zdroje jsou již nedílnou součástí všech obráběcích, ale také dalších procesů [6]. Zejména se jedná o procesní kapaliny, různé druhy olejů, ale také aerosoly a výpary.

Vymezení jednotlivých pojmů:

- **recyklace** – je sled technologických postupů, které umožní opětovné použití oleje (odpadu) v stávající nebo nové aplikaci. Recyklace nemusí zajišťovat plné obnovení životnosti oleje, kapaliny a zahrnuje jak regeneraci tak i ošetřování oleje a kapaliny,
- **ošetřování olejů** – je nezávislý sled technologických postupů. Výsledkem je prodloužení využití oleje, kapaliny v průběhu životnosti a rovněž snížení opotřebení strojního zařízení,
- **regenerace** – je jednotný technologický proces. Upotřebené oleje jsou základní surovinou pro zpracování v rafinerii. Výsledkem je nový olej,
- **upotřebený olej, kapalina** – jedná se o olej, který setrval ve strojním zařízení určitý počet jednotek (hodin, kilometrů, apod.), které jsou doporučeny výrobcem, nebo jakostní parametry oleje, kapaliny pro bezpečný chod strojního zařízení již překročily bezpečnou hranici provozu strojního zařízení [6].

Ke zlepšení ekologie, zabránění kontaminace ovzduší a zlepšení pracovního prostředí personálu obsluhujícího CNC obráběcí stroj se velmi často ve firmách používá zařízení Filtermist (obr. 2.1), které dodává firma WEMAC spol. s r.o. Toto zařízení slouží k filtraci znečištěného vzduchu, přesněji se jedná o odlučování olejové mlhy a emulzního aerosolu, které vznikají během obrábění. Zařízení je prodáváno jako doprovodné a lze je použít i na starší typy CNC obráběcích center, ale také u nezakrytovaných strojů jako jsou např. brusky, kde je již návrh pracoviště a instalace zařízení složitější [7].



Obr. 2.1 Zařízení Filtermist [7].

K dalšímu zlepšení ekologie životního prostředí (hlavně půd) zvláště v bezprostředním okolí firmy je nutné brát v úvahu úniky hydraulických a dalších olejů a také procesních kapalin. Zvláště u starších CNC obráběcích center je nutná instalace těsných zachytných van a jejich pravidelné čištění od olejů a procesních kapalin. Vhodné je použít takové procesní kapaliny, které jsou vodní emulzí s 5% až 7% podílem oleje dodávaného např. firmami Castrol nebo Fuchs oil (obr. 2.2). Pokud to výroba umožňuje je volba tohoto způsobu šetrnější k životnímu prostředí a k obsluze stroje místo samotného oleje.



Obr. 2.2 Průmyslové oleje např. Castrol (vlevo), Fuchs oil (vpravo) [8,9].

V neposlední řadě se nesmí zapomínat na jednu z posledních operací před dodáním výsledného produktu k zákazníkovi a tím je balení a skladování. I zde je důležité dbát na životní prostředí, jelikož v této fázi dochází k manipulaci s tzv. konzervačními oleji, které brání korozi produktu při převozu nebo skladování. Při manipulaci s takto ošetřenými produkty, které jsou naskládány v přepravce hrozí únik oleje a tím znečištění životního prostředí. Pokud je to možné, je lépe volit modernější a šetrnější způsob vzhledem k ochraně životního prostředí a to použití speciálního VCI balicího papíru např. BRANOrostu od firmy BRANOPAC CZ s.r.o (obr. 2.3). Při použití tohoto antikorozního papíru se již konzervační oleje nepoužívají, jelikož VCI papír vytváří v obalech ochrannou atmosféru, která zabraňuje korozi a tudíž použití oleje by bylo zbytečné. Je potřeba dbát na to, aby produkty během balení byly vysušené a personál používal bavlněné rukavice, které absorbují pot z rukou. Z hlediska likvidace odpadu je tento způsob rozhodně šetrnější, jelikož se papír ukládá, nebo spaluje spolu s komunálním odpadem na rozdíl od oleje, který je nebezpečným odpadem [10].



Obr. 2.3 Speciální VCI balicí papír např. BRANOrost [10].

### 3 METODY OBRÁBĚNÍ

Metody obrábění jsou popsány různými charakteristikami jako vzájemný kontakt nástroje s obrobkem, kombinace variant pohybů stroje, nástroje a obrobku. Obráběcí metody lze rozdělit podle různých hledisek [11,12].

Rozdělení podle charakteru vykonávané práce:

- **ruční** – vykonávané ručně, pomocí ručních nástrojů jako např. sekání, pilování, zaškrabávání, apod. Do ručního obrábění patří rovněž práce vykonávané pomocí ručně ovládaných strojů jako např. ruční elektrické brusky, vrtačky, atd. Využívá se manuální zručnost a fyzická síla pracovníka. V současné době se ruční obrábění využívá především v údržbě a opravárenství,
- **strojní** – vykonávané pomocí strojního zařízení, je nutná elektrická energie, která je přiváděna k obráběcímu stroji a zde transformována na energii mechanickou, využívanou pro realizaci obráběcího procesu [12].

Rozdělení podle charakteristických znaků:

- **pomocí nástrojů s definovanou geometrií** – jedná se o metody jako např. soustružení, frézování, vrtání, vystružování, zahlubování, vyvrtávání, obrážení, hoblování, protahování, atd.,
- **pomocí nástrojů s nedefinovanou geometrií** – jedná se o dokončovací metody jako např. broušení, honování, lapování, superfinišování, atd.,
- **nekonvenční metody obrábění** – jedná se o metody jako např. elektroerozivní obrábění, chemické obrábění, obrábění ultrazvukem, obrábění elektronovým paprskem, obrábění vodním paprskem, atd.,
- **úpravy obrobených ploch** – jedná se o metody jako např. válečkování, hlazení, brokování, balotínování, leštění [11].

Tato práce je zaměřena na třískové obrábění tj. soustružení, frézování a vrtání jako běžné obráběcí procesy v menších strojírenských firmách.

#### 3.1 Soustružení

Soustružení je obrábění reznými nástroji, většinou pomocí jednobřitých nástrojů různého provedení výsledkem jsou součástky rotačních tvarů. Z mnoha hledisek je soustružení nejužívanější obráběcí metodou a také nejjednodušším způsobem obrábění kovů a jiných materiálů. Ručním nebo automatickým ovládáním soustruhu se mohou soustružit polotovary od hmotnosti několika miligramů až do několika tisíc kilogramů [1,12].

Při soustružení dochází k odřezání přebytečné vrstvy materiálu ve formě přídatku na obrábění reznou částí nástroje s definovanou geometrií. Odřezávaná vrstva neboli přídavek, odchází od obrobku při soustružení ve formě třísky. Obráběný polotovar získává postupně požadované vlastnosti tj. tvar, rozměry, drsnost i některé mechanické vlastnosti. Je však nezbytné dodržovat určité podmínky např. rezná část nástroje musí mít vhodnou reznou geometrii [12].

##### 3.1.1 Definice pohybu při soustružení

Jsou rozlišovány dva základní druhy pohybu:

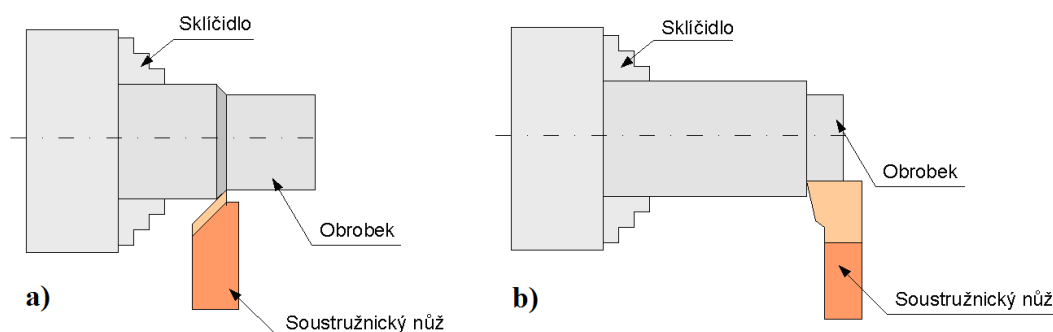
- **hlavní pohyb** – je rotační a koná ho obrobek. Tento pohyb je potřebný k tomu, aby došlo k odříznutí třísky z povrchu obrobku prostřednictvím nože,

- **posuvový pohyb** – je přímočarý a koná ho nástroj. Tento pohyb je potřebný k tomu, aby nůž postupně odřezával třísky v požadované délce obrobku [12].

### 3.1.2 Druhy soustružení

Jsou rozlišovány dva základní druhy soustružení:

- **podélné soustružení** – nůž se posouvá ve směru rotace obrobku a výsledný řezný pohyb má tvar šroubovice (obr. 3.1),
- **přímé (čelní) soustružení** – nůž se posouvá ve směru kolmém k ose rotace obrobku a výsledný řezný pohyb má tvar Archimedovy spirály (obr. 3.1) [12].



Obr. 3.1 Druhy soustružení: a) podélné soustružení, b) čelní soustružení [13].

### 3.1.3 Parametry soustružení

Parametry soustružení lze popsat několika základními veličinami:

- řezná rychlost  $v_c$  [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ],
- posuvová rychlost  $v_f$  [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ],
- rychlost řezného pohybu  $v_e$  [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ],
- šířka záběru ostří  $a_p$  [mm],
- jmenovitá šířka třísky  $b_D$  [mm],
- jmenovitá tloušťka třísky  $h_D$  [mm],
- jmenovitý průřez třísky  $A_D$  [ $\text{mm}^2$ ] [11].

Jednotlivé základní veličiny s výpočtovými vztahy jsou uvedeny v příloze č. 1.

### 3.1.4 Základní práce na soustruhu

Soustružením se mohou obrábět vnější a vnitřní válcové, kuželové i tvarové plochy, rovinné čelní plochy a zápichy. Dále můžeme na soustruzích vrtat, vyvrtávat, vystružovat, řezat závity, vroubkovat, válečkovat, hladit, leštit, vyrábět hřbetní plochy tvarových fréz podsoustružováním, atd. (viz. příloha č. 2) [11].

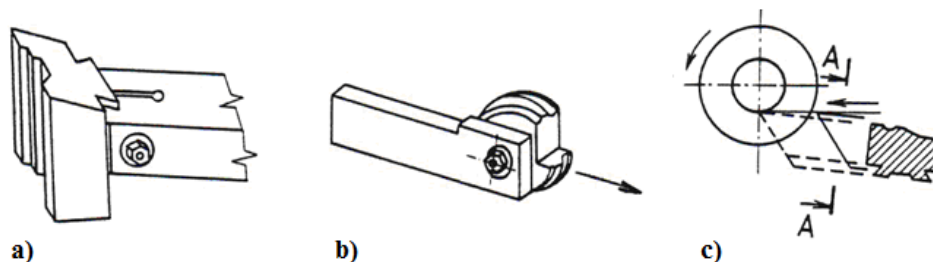
### 3.1.5 Nástroje – soustružnické nože

Jedny z nejpoužívanějších nástrojů pro obrábění jsou soustružnické nože. Soustružnické nože jsou jednobřité nástroje jednoduchých tvarů, nenáročné na údržbu a nemají příliš vysokou cenu [12].



Z technologického hlediska dělíme soustružnické nože:

- **radiální** – jsou nejpoužívanější,
- **prizmatické** (obr. 3.2),
- **kotoučové** (obr. 3.2),
- **tangenciální** (obr. 3.2) [11].



Obr. 3.2 Tvarové soustružnické nože: a) prizmatický, b) kotoučový, c) tangenciální [11].

### Radiální nože

Tyto nástroje lze dělit podle konstrukce, směru posunového pohybu, způsobu obrábění, tvaru tělesa nože a použitého nástrojového materiálu [11].

Rozdělení podle konstrukce:

- **celistvé** – těleso i řezná část je z řezného materiálu a tvoří jeden celek,
- **s pájenými břitovými destičkami** – destička z řezného materiálu je připájena tvrdou pájkou na těleso nože z konstrukční oceli,
- **s vyměnitelnými břitovými destičkami** – VBD je mechanicky upnuta v nožovém držáku z konstrukční oceli pomocí upínacího systému ISO [11].

Rozdělení podle směru posunového pohybu:

- **pravé** – nástroj se pohybuje od koníku k vřetenu,
- **levé** – nástroj se pohybuje od vřetena ke koníku [11].

Rozdělení podle způsobu obrábění:

- **obrábění vnějších ploch,**
- **obrábění vnitřních ploch.**

Upínací systém ISO nožových držáků pro vnější a vnitřní obrábění je uveden v příloze č. 3 a v příloze č. 4.

Všechny uvedené skupiny rozdělení se dále mohou dělit na nože:

- **ubírací,**
- **zapichovací,**
- **upichovací,**
- **závitové,**
- **tvarové** [11].

Rozdělení podle tvaru tělesa nože:

- **přímé,**
- **ohnuté** [11].

Materiály pro výrobu vyměnitelných břitových destiček radiálních nožů jsou: slinuté karbidy (SK), řezné keramiky, cermety, polykrystalický kubický nitrid bóru (PKNB) a polykrystalický diamant (PKD) [11].

Břítové destičky mohou být vyrobeny jako jednostranné – mají jednu čelní plochu, nebo jako oboustranné – mají dvě čelní plochy. Čela destiček jsou buď hladká, nebo jsou na nich předlisované (u supertvrdých nástrojových materiálů vybroušené) utvářeče třísky. V dnešní době se téměř všechny destičky vyrábějí jako vícebřité (obr. 3.3). Výhodou vícebřitých destiček je, že po otupení jednoho břitu se destička může pootočit do nové polohy pro využití dalšího břitu (např. trojúhelníková oboustranná destička má 6 využitelných břitů). Uložení břitových destiček v nožovém držáku musí zajistit, aby řezné síly směřovaly do stěn a nezatěžovaly upínací mechanismus. Výměna destiček je rychlá, snadná a polohu břitu není potřeba seřizovat [11].



Obr. 3.3 VBD firmy Sandvik Coromant (vlevo), další typy a tvary VBD (vpravo) [14].

Radiální soustružnické nože s vyměnitelnými břitovými destičkami se mohou konstruovat jako stavitelné. Upnutí tohoto typu nože je rozdílné než u standardních nožů. V určitém rozsahu lze nastavit polohu špičky [12].

Vyměnitelné břitové destičky i soustružnické nože vyrobené ze slinutých karbidů jsou označovány jednotným systémem ISO (viz. příloha č. 5), který využívají všichni výrobci nástrojů pro obrábění. Stejný systém označení mají i destičky vyrobené z cermetů. Destičky vyrobené z keramických materiálů se v označení jen nepatrně liší. U destiček vyrobených ze supertvrdých materiálů se využívají prvky z označení destiček ze slinutých karbidů [11].

#### **Prizmatické nože**

Prizmatické nože se používají jako nože tvarové pro vnější soustružení tvarových ploch zapichováním.

#### **Kotoučové nože**

Kotoučové nože se používají výhradně jako nože tvarové.

#### **Tangenciální nože**

Tangenciální nože se používají nejčastěji na revolverových automatech, kde se používají jako nože tvarové.

### 3.1.6 Stroje – soustruhy

Soustružnické stroje tvoří nejpočetnější podíl obráběcích strojů. Vyskytuje se velký počet různých typů, velikostí a vykazují různý stupeň automatizace [11].

Rozdělení z konstrukčního hlediska:

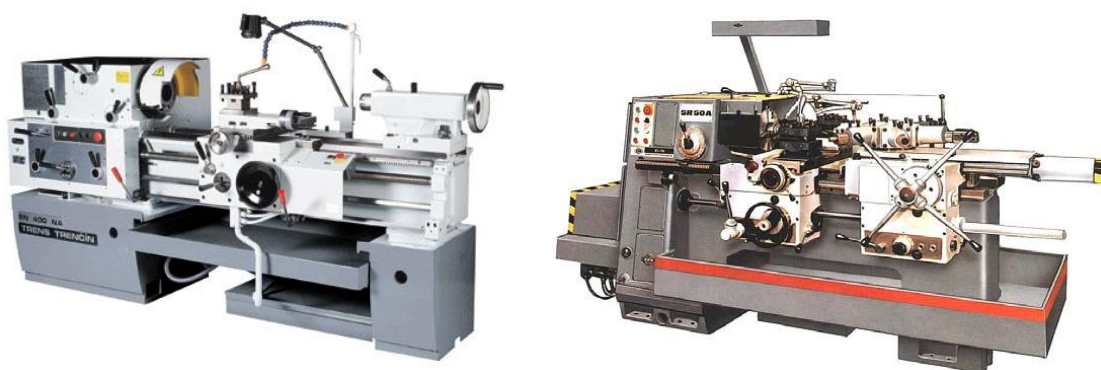
- **hrotové,**
- **svislé,**
- **čelní,**
- **revolverové,**
- **speciální** [11].

Rozdělení dle stupně automatizace:

- **ručně ovládané,**
- **poloautomatické** – nutný zásah obsluhy na opakování cyklu, upnutí a odepnutí obrobku,
- **automatické** – samočinné opakování cyklu po obrobení jedné součástky [12].

#### Hrotové soustruhy

Hrotové soustruhy se využívají v kusové a malosériové výrobě pro soustružení hřídelových a přírubových součástí rozličných rozměrů a tvarů. Vyrábí se dvě varianty a to soustruhy hrotové univerzální (obr. 3.4) a jednoduché (produkční). Univerzální hrotové soustruhy mají vodící šroub. Jsou vhodné pro obrábění vnějších a vnitřních rotačních ploch, čelních rovinných ploch, zapichování při čelním i podélném soustružení, řezat závity pomocí závitového nože, soustružit kuželové a tvarové plochy. Velikost soustruhu je dána maximálním průměrem, který lze obrobit a délkou soustružení (vzdálenost mezi hroty) [11].



Obr. 3.4 Univerzální hrotový soustruh (vlevo), revolverový soustruh (vpravo) [11,15].

#### Svislé soustruhy (karusely)

Svislé soustruhy se používají v kusové a malosériové výrobě středních a velkých rotačních součástí malého poměru délky k průměru. Vyrábějí se dvě varianty a to svislé soustruhy jedno stojanové a dvoustojanované. Vyznačují se otočným stolem, příčnickem se suportem, stojany a případně naklápěcím brousícím vřeteníkem (pro broušení vnějších a vnitřních rozměrů), indikací polohy obrobku a číslicovým řízením [12].

### Čelní soustruhy

Čelní soustruhy se využívají pro obrábění deskovitých součástí velmi velkého průměru. Bývají vybaveny jedním nebo dvěma podélnými suporty a někdy mívají i koník pro podepření obrobku [11].

### Revolverové soustruhy

Revolverové soustruhy se používají pro malo a středně sériovou výrobu, které vyžadují na obrobení větší počet nástrojů. Dělí se podle polohy osy otáčení na soustruhy s vodorovnou, svislou (obr. 3.4) nebo šikmou osou revolverové hlavy. Výhodou těchto soustruhů je, že na jedno upnutí je možno obrobit více ploch více nástroji. Výchozím polotovarem je tyčový materiál (upnut do kleštin), odlitky, výkovky, apod. Revolverové soustruhy jsou vhodné na čelní a podélné soustružení, vrtání v ose obrobku, vyvrtávání, vystružování, řezání závitů, apod. Revolverová hlava, ve které jsou upnuty nástroje je otočná kolem horizontální nebo vertikální osy. Často jsou tyto soustruhy vybavovány číslicovým řízením. Seřízení nástrojů se provádí pro první obrobek a poté lze obrábět celou sérii obrobků za sebou [11].

### **3.1.7 Upínání obrobků**

Správné upnutí obrobků musí být spolehlivé, jednoduché, rychlé, vykazovat dostatečnou tuhost a zajistit jednoznačnou polohu obrobku vzhledem k nástroji. Pro upnutí obrobku se používá celá řada upínacích elementů nebo jejich kombinace [12].

### Univerzální sklíčidlo

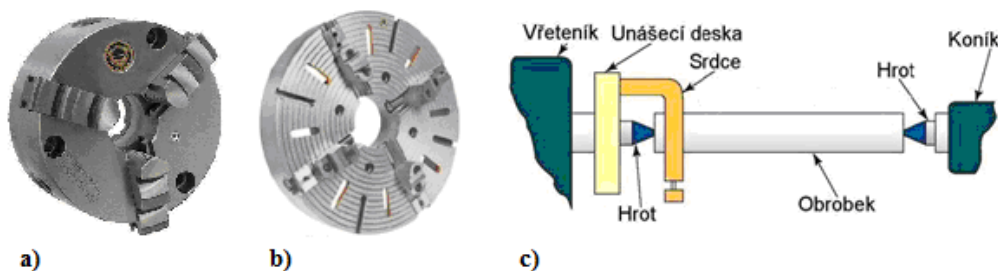
Univerzální sklíčidlo (obr. 3.5) je nejpoužívanější upínací zařízení. Sklíčidla bývají většinou tří čelistíová, ale i dvou i čtyř čelistíová sklíčidla. Jednotlivý pohyb čelistí může být vázaný (samostředící sklíčidlo) nebo se mohou čelisti pohybovat nezávisle. Upínání je ruční nebo u automatizovaných soustruhů i pneumaticky, hydraulicky nebo elektricky [12].

### Upínací deska

Upínací deska (obr. 3.5) slouží pro upínání kratších a těžších obrobků se samostatně stavitelnými čelistmi a pro obrobky složitých tvarů, které nejdou upnout mezi čelisti [12].

### Upínání mezi hroty

Upínání mezi hroty (obr. 3.5) slouží pro upínání obrobků s poměrem délky a průměru větším než 2/3. Na čelech obrobku jsou navrtány středící důlky, do kterých se nasouvají hroty. V koníku je upnut otočný hrot a ve vřetenu pevný hrot. Tento způsob je vhodný pro obrobky hřídelového charakteru s požadavky na větší přesnost. Krotící moment přenáší unášecí deska se srdcem nebo speciální unášec na hrotu [12].



Obr. 3.5 Možnosti upnutí obrobku:

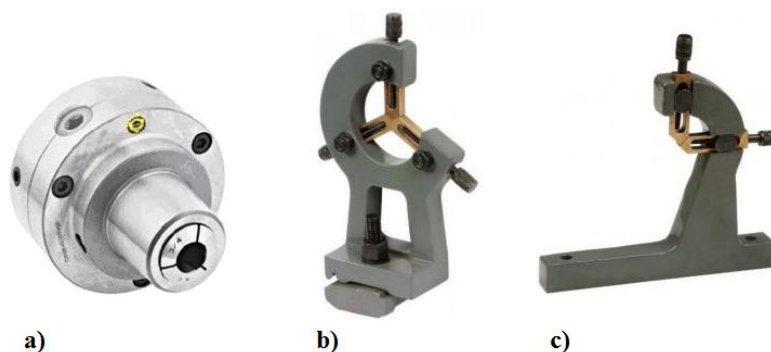
a) univerzální sklíčidlo, b) upínací deska, c) upínání mezi hroty [11,16].

### **Přesné upínací pouzdra (kleštiny)**

Kleštiny (obr. 3.6) slouží pro upínání tyčového materiálu menších a středních průměrů. Jsou rozříznuty několika podélnými drážkami a k upnutí dochází při vtáhnutí materiálu do kuželové dutiny pouzdra. U větších průměrů jsou odstupňovány po 1 mm, u menších průměrů po 0,5 mm [11].

### **Lunety**

Lunety slouží pro podepírání štíhlých obrobků s velkým poměrem délky k průměru. Bud' jsou pevně upevněny na loži stroje, nebo k suportu, s nímž se posouvají po loži [11].



Obr. 3.6 Další možnosti upnutí obrobku:

a) kleština, b) pevná luneta, c) posuvná luneta [11,17].

### **3.1.8 Upínání nástrojů**

Upínání soustružnických nástrojů má být jednoznačné, spolehlivé, má vykazovat minimální vyložení a je-li to nutné, má umožnit výškové přestavení. Upínání nožů se provádí pomocí různých otočných nožových hlav (až 4 nože současně) nebo upínek. U revolverových, automatických a svislých soustruhů se nástroje upínají do speciálních držáků revolverových hlav (viz. příloha č. 6). U CNC automatických a poloautomatických soustruhů a obráběcích center se využívá upnutí do speciálních držáků, kde seřizování nástroje je provedeno mimo stroj v seřizovacím přístroji [11].

### **3.2 Frézování**

Frézování se provádí dvěma na sebe vázanými pohyby a to rotačním pohybem nástroje a posuvným pohybem obrobku. Při frézování je materiál obrobku odebírán břity rotujícího nástroje (frézy). Fréza má většinou větší počet zubů a každý zub odebírá určité množství materiálu. Výhodou je poměrně velká výkonnost, vynikající jakost obrobeného povrchu, velká přesnost rozměrů a flexibilita při obrábění tvarově složitých obrobků. Frézováním se obrábějí rovinné, tvarové i rotační plochy, také slouží pro obrábění drážek různých profilů a pro obrábění závitů a ozubení [1,11].

Pro frézování se používají stroje (frézky), jejichž rozmanitost je velká např. počínaje staršími klasickými jednoúčelovými frézky, až po současné moderní víceosé CNC stroje. V současnosti se většina všech frézovacích operací provádí na obráběcích centrech [1].



Rozdělení frézování z technologického hlediska v závislosti na aplikovaném nástroji:

- **válcové** – je rozlišováno sousledné a nesousledné frézování,
- **čelní** – je rozlišováno symetrické a nesymetrické frézování,
- **okružní**,
- **planetové** [11].

### 3.2.1 Válcové frézování

Válcové frézování využívá převážně válcové a tvarové frézy. Zuby jsou rozloženy po obvodu nástroje a hloubka odebírané vrstvy se nastavuje kolmo na osu frézy a na směr posuvu. Osa otáčení frézy je rovnoběžná s obrobenou plochou [11].

Rozdělení v závislosti na kinematice obráběcího procesu:

- **nesousledné (protisměrné, nesouměrné),**
- **sousledné (souměrné)** [11].

#### Nesousledné frézování

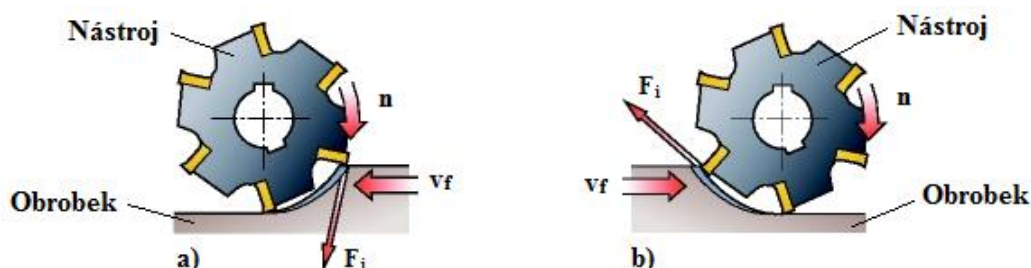
Smysl rotace nástroje při nesousledném frézování je proti směru posuvu obrobku (obr. 3.7). Obrobená plocha vzniká při vnikání nástroje do obrobku. Postupně se mění tloušťka třísky a to z nulové do maximální hodnoty. K oddělení třísky nedojde v okamžiku, kdy její hodnota tloušťky je nulová, ale po skluzu břitu po ploše vytvořené předcházejícím zubem. Přitom se zvýší opotřebení břitu v důsledku vznikajících silových účinků a deformací. Složka řezné síly působí směrem nahoru, odtahuje obrobek od stolu stroje [11].

Výhody nesousledného frézování:

- trvanlivost nástroje nezávisí na povrchu obrobku,
- není zapotřebí vymezení vůle mezi posuvovým šroubem a maticí stolu stroje,
- menší opotřebení částí stroje tj. šroubu a matice,
- záběr zubů frézy nezávisí na hloubce řezu [11].

Nevýhody nesousledného frézování:

- horší jakost obrobené plochy obrobku,
- směr řezné síly s ohledem na upnutí [12].



Obr. 3.7 Válcové frézování: a) sousledné, b) nesousledné [18].

#### Sousledné frézování

Smysl rotace nástroje při sousledném frézování je ve směru posuvu obrobku (obr. 3.7). Obrobená plocha vzniká, když zub vychází ze záběru. Mění se tloušťka třísky a to z maximální hodnoty do nulové. Řezné síly působí směrem dolů, proti stolu stroje.

Pro použití metody sousledného frézování musí být přizpůsoben stroj (frézka), tak že se vymezi vůle a předpětí mezi posuvovým šroubem a maticí stolu frézky. Pokud je tato podmínka nesplněna, vůle způsobí nestejnsměrný posuv a může dojít k poškození nástroje, popř. i stroje [11].

Výhody sousledného frézování:

- vyšší trvanlivost nástroje, umožňuje použití vyšších řezných rychlostí a posuvů,
- potřebný řezný výkon je nižší,
- jednodušší upínání přípravků, jelikož řezná síla přitlačuje obrobek ke stolu,
- menší sklon ke kmitání,
- obrobená plocha dosahuje vyšší jakosti [11].

Nevýhody sousledného frézování:

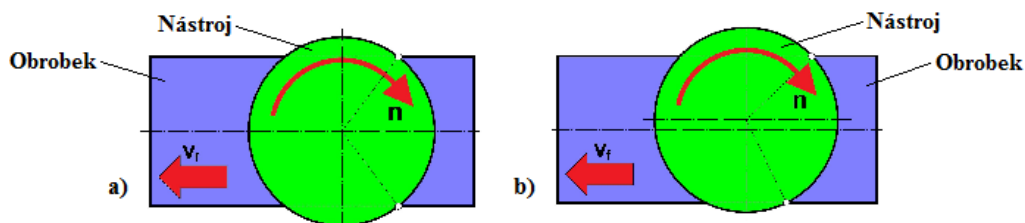
- každý zub je při záběru silově zatížen,
- nevhodné obrábění obrobků s tvrdým a znečištěným povrchem [11].

### 3.2.2 Čelní frézování

Čelní frézování se využívá pro práci s čelními frézami, jejichž břity jsou vytvořeny na čele i na obvodě nástroje. Fréza u čelního frézování pracuje současně sousledně i nesousledně (viz. příloha č. 7) [11].

Rozdělení podle polohy osy vzhledem k frézované ploše:

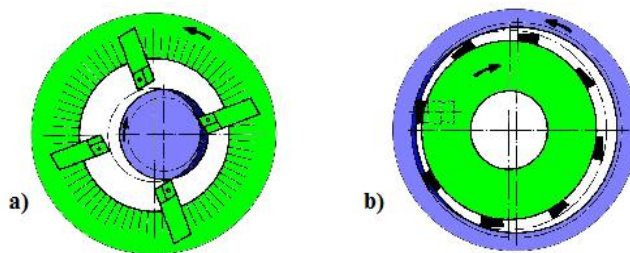
- **symetrické** – osa nástroje prochází středem frézované plochy (obr. 3.8),
- **nesymetrické** – osa nástroje je mimo střed frézované plochy (obr. 3.8) [11].



Obr. 3.8 Čelní frézování: a) symetrické, b) nesymetrické [19].

### 3.2.3 Okružní frézování

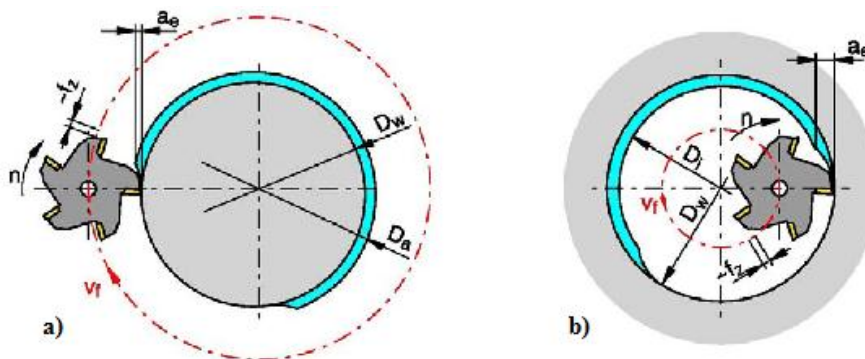
Okružní frézování (obr. 3.9) se využívá pro práci při obrábění dlouhých válcových tyčí, při výrobě závitů a jako nástroj se používá frézovací hlava osazená několika noži. Hlava koná při obrábění většinou rotační a posuvný pohyb, při řezání závitů pouze rotační pohyb. Obrobek koná zbývajících pohyby [13].



Obr. 3.9 Okružní frézování: a) vnější, b) vnitřní [19].

### 3.2.4 Planetové frézování

Planetové frézování (obr. 3.10) nachází uplatnění u číslicově řízených frézek a u obráběcích center vybavených kruhovou interpolací. Pohyb nástroje (frézy) může být řízen po kružnici. Obrábět lze části nebo i celé rotační plochy. Nachází využití u frézování vnitřních zápchů, kruhových zaoblení, vnějších válcových výstupků a větších otvorů. [13].



Obr. 3.10 Planetové frézování: a) vnější, b) vnitřní [11].

### 3.2.5 Definice pohybu při frézování

Jsou rozlišovány dva základní druhy pohybu:

- **hlavní pohyb** – je rotační a u všech druhů frézování jej koná nástroj,
- **posuvový pohyb** – je většinou přímočarý a koná jej obrobek. U okružního a planetového frézování může být posuvový pohyb i rotační a může jej vykonávat obrobek nebo nástroj [11].

### 3.2.6 Parametry frézování

Parametry frézování lze popsat několika základními veličinami:

- řezná rychlost  $v_c$  [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ],
- posuv na otáčku  $f_n$  [mm],
- posuvová rychlost  $v_f$  [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ],
- jmenovitá tloušťka třísky  $h_i$  [mm],
- jmenovitá šířka třísky  $b_i$  [mm],
- jmenovitý průřez třísky  $A_{Di}$  [ $\text{mm}^2$ ] [11].

Jednotlivé základní veličiny s výpočtovými vztahy jsou uvedeny v příloze č. 8.

### 3.2.7 Nástroje – frézy

Vzhledem k frézování, které nachází mnohostranné uplatnění ve strojírenské výrobě, je rozlišováno mnoho typů fréz. Frézy jsou vícebřité nástroje, na nichž jsou břity uspořádány na válcové, kuželové nebo jiné tvarové ploše [11].

Rozdělení fréz podle technologického uplatnění a dalších hledisek:

- **umístění zubů na tělese nástroje** – se rozlišují frézy:
  - válcové – mají zuby na válcové ploše,
  - čelní – mají zuby na čelní ploše,
  - válcové čelní – mají zuby na čelní i válcové ploše.



- **nástrojový materiál zubů** – se rozlišují frézy z:
  - rychlořezné oceli,
  - slinutých karbidů,
  - cermetů,
  - řezné keramiky,
  - kubického nitridu bóru,
  - polykrystalického diamantu.
- **provedení zubů** – se rozlišují frézy se zuby:
  - frézovanými – čelo i hřbet tvoří rovinná plocha. Úzká fazetka na hřbetu o šířce 0,5 až 2 mm zpevňuje břit. Ostření se provádí na hřbetu,
  - podsoustruženými – hřbetní plocha tvoří část Archimédovy spirály. Čelo zubu je plocha rovinná a ostření se provádí na čele. Výhoda je, že při ostření se profil mění jen nepatrně, takže se využívá hlavně pro tvarové frézy.
- **směr zubů** – vzhledem k ose rotace frézy se rozlišují frézy se zuby:
  - přímými,
  - ve šroubovici – vnikají do záběru postupně a proces je tudíž plynulý a klidnější. Stoupání šroubovice je  $10^\circ$  až  $45^\circ$  (i více),
  - pravými,
  - levými.
- **počet zubů** – pro klidný chod frézy má být počet zubů takový, aby byly v záběru nejméně dva zuby. Vzhledem k průměru frézy se rozlišují frézy:
  - jemnozubé,
  - polohrubozubé,
  - hrubozubé.
- **konstrukční uspořádání** – se rozlišují frézy:
  - celistvé – jeden materiál pro zuby i těleso,
  - s vloženými noži,
  - s vyměnitelnými břitovými destičkami – destičky jsou mechanicky upevněny k tělesu frézy.
- **geometrický tvar funkční části** – se rozlišují frézy:
  - válcové, kotoučové, úhlové, drážkovací, kopírovací, radiusové, na výrobu ozubení, atd. [11].

Vyobrazení jednotlivých fréz je uvedeno v příloze č. 9 a příloze č. 10.

Podobně jako soustružnické nože, jsou také i frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami označovány jednotným systémem ISO (viz. příloha č. 11 a příloha č. 12), který používá převážná většina výrobců nástrojů a nástrojových materiálů [20].

### 3.2.8 Stroje – frézky

Frézky jsou vyráběny ve velkém počtu modelů, velikostí a s rozsáhlým zvláštním příslušenstvím [11].

Rozdělení čtyř základních skupin:

- **konzolové,**
- **stolové,**
- **rovinné,**
- **speciální** [11].

Rozdělení z hlediska pracovního cyklu:

- **ručně ovládané,**
- **řízené programově** – tvrdá, pružná automatizace [11].

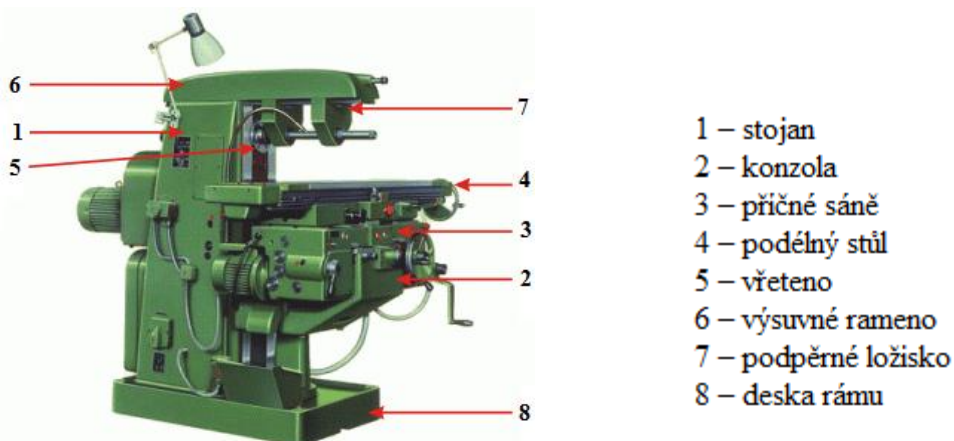
Velikost frézky se určuje podle šířky upínací plochy stolu a velikosti kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje. Další technické parametry jsou maximální délka pohybu pracovního stolu nebo vřeteníku, rozsah posuvů a otáček vřetene (případně plynulá regulace pohybu), výkon elektromotoru pro otáčení vřetena a kvalitní parametry obrobené plochy [11].

### Konzolové frézky

Patří mezi nejrozšířenější frézky. Charakteristická vlastnost těchto fréz je výškově přestavitelná konzola, která se pohybuje po vedení stojanu. Na konzole je pohyblivý příčný stůl s podélným pracovním stolem. Spojením těchto pohybů se může obrobek, který je upnutý na pracovním stole posouvat ve třech pravouhlých souřadnicích vzhledem k nástroji. Slouží pro obrábění rovinných a tvarových ploch menších a středně velkých obrobků v kusové a malosériové výrobě [11].

Vyrábějí se ve třech základních variantách:

- **vodorovné (horizontální)** – osa pracovního vřetene je vodorovná (obr. 3.11), rovnoběžná s plochou pracovního stolu a kolmá na směr pohybu podélného stolu. Převážně slouží k frézování ploch rovnoběžných s upínací plochou stolu, tvarových ploch a drážek. Pro obrábění se používají nejčastěji válcové, kotoučové a tvarové frézy, méně pak frézy s kuželovou stopkou a frézovací hlavy,
- **svislé (vertikální)** – osa pracovního stolu je kolmá k upínací ploše stolu. Natáčení svislé hlavy je možné o  $\pm 45^\circ$  a vřeteno je svisle přestavitelné. Převážně slouží k frézování rovinných ploch rovnoběžných s upínací plochou stolu, drážek v těchto plochách a tvarových ploch. Pro obrábění se používají čelní frézy upnuté na krátkém trnu, nebo frézy s kuželovou stopkou, upínané přímo do kužele vřetena, nebo s válcovou stopkou, upnuté do sklíčidla,
- **univerzální** – spojují výhody vodorovných a svislých konzolových fréz. Jsou opatřeny výsuvným ramenem pro upínání trnu s válcovou frézou a svislou hlavou pro upínání čelních fréz a frézovacích hlav. S výhodou se používají k frézování drážek na vrtácích, zubových mezer na frézách a výhrubnicích se zuby ve šroubovici [11,12].



Obr. 3.11 Vodorovná konzolová frézka [21].

Příslušenství konzolových frézek:

- **univerzální frézovací hlava** – připevňuje se na čelní plochu stojanu univerzální vodorovné frézky. Používá se při těžko přístupných, zejména šikmých ploch,
- **svislá frézovací hlava** – doplňuje vodorovnou frézku pro práce, které by jinak vyžadovaly svislou frézku,
- **otočný stůl** – připevňuje se na pracovní stůl frézky. Otočný stůl (obr. 3.12) se otáčí buď ručně nebo je otáčení odvozeno od podélného pohybu pracovního stolu. Umožňuje frézování rotačních tvarů, vaček, drážek, segmentů, apod.,



Obr. 3.12 Příslušenství: a) otočný stůl, b) univerzální dělicí přístroj [11].

- **dělicí přístroje** – slouží k pootáčení obrobku o určitý úhel nebo rozteč při frézování čtyřhranů a šestihranů, vícedrážkových hřídelů, ozubených kol, vícebřítých nástrojů, apod. Rozdělují se na:
  - jednoduché – dělení probíhá metodou přímého dělení,
  - univerzální – pro přímé, nepřímé a diferenciální dělení (obr. 3.12) [11].

### Stolové frézky

Stolové frézky mají příčný a podélný stůl a nemají konzolu. Na stolových frézkách lze produktivně a zároveň kvalitně obrábět větší a těžší součásti. Vyrábějí se jako vodorovné a svislé [11].

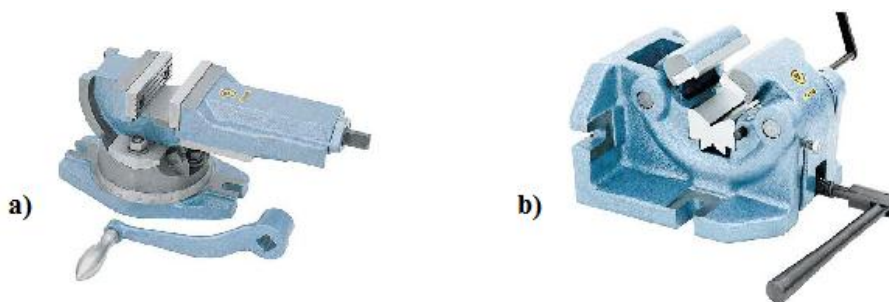
### Rovinné frézky

Rovinné frézky jsou robustní stroje, které se řadí mezi nejvýkonnější frézky ze všech druhů frézek. Umožňují obrábět těžké a rozměrné obrobky. Využívají se pro kusovou a malosériovou výrobu, ale nachází také uplatnění v sériové výrobě. Používají se na nich nejčastěji frézovací hlavy pro obrábění vodorovných, svislých a šikmých ploch a stopkové frézy při frézování šikmých ploch a drážek. Vyrábějí se i s více vřeteníky jako portálové frézky [11].

### **3.2.9 Upínání obrobků**

Obrobky menších rozměrů se obvykle upínají do běžných strojních svěráků, otočných a sklopných svěráků, speciálních svěráků pro upínání válcových součástí (obr. 3.13), apod. Tyto svěráky mohou být ovládány ručně, pneumaticky nebo hydraulicky. Obrobky větších rozměrů se upínají pomocí upínek, opěrek, podpěrek, apod. Upínací pomůcky se upevňují pomocí T-drážek stolu frézky pomocí speciálních šroubů s čtvercovou hlavou [11].

Na CNC frézkách pro upínání přesných obrobků slouží technologické palety (viz. příloha č. 13) [11].



Obr. 3.13 Upínání obrobků: a) otočný sklopný stůl, b) samostředící svěrák [11].

### 3.2.10 Upínání nástrojů

Nástrčné frézy se upínají na frézkách pomocí frézovacích trnů. Upínací kužel frézovacích trnů a pracovního vřetena může být buď metrický s kuželovitostí 1:20, Morse 1:19 až 1:20, nebo strmý 1:3,5. K zajištění co nejtužšího upnutí nástrojů na trnech se upínají frézy co nejbližší k vřetenu a výsuvné rameno se přisune co nejbližší k fréze. Upnutí čelních nástrčných fréz a frézovacích hlav se upíná krátkými upínacími trny letmo upnutými do vřetena nástroje [11].

Frézy s kuželovou stopkou se upínají pomocí redukčních pouzder, která jsou umístěna přímo ve vřetenu frézky. Redukční pouzdro se použije také v případě, neshoduje-li se kužel frézovacího trnu s kuzelem vřetena. Frézy s válcovou stopkou se upínají do vřetena frézky při použití upínacího pouzdra se sklíčidlem [11].

Pro upínání fréz s válcovou stopkou o průměru 3 mm až 50 mm se v současné době velmi často používá speciálních tepelných nebo hydraulických upínačů [11].

## 3.3 Vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování

Všechny tyto technologie slouží k obrábění děr a ve strojírenské výrobě jsou poměrně velmi rozšířené. Obrábění děr patří mezi metody obrábění vnitřních ploch strojních součástí, jejichž tvary mohou být různé a odvíjí se od jejich funkce [12].

### 3.3.1 Definice pohybu při vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování

Jsou rozlišovány dva základní druhy pohybu:

- **hlavní pohyb** – je rotační a vykonává jej obvykle nástroj (vrták), méně často pak obrobek. Osa vrtáku je zpravidla kolmá k obráběné ploše, do které vstupuje vrták,
- **posuvový (vedlejší) pohyb** – je ve směru své osy a vykonává jej vrták [22].

### 3.3.2 Parametry vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování

Parametry těchto metod lze popsat několika základními veličinami:

- **řezná rychlost  $v_c$  [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ],**
- **posuvová rychlost  $v_f$  [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ],**
- **rychlost řezného pohybu  $v_e$  [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ],**
- **posuv na zub  $f_z$  [ $\text{mm}$ ] [22].**

Jednotlivé základní veličiny s výpočtovými vztahy jsou uvedeny v příloze č. 14.

### 3.4 Vrtání

Je to výrobní metoda, kterou se zhotovují díry do plného materiálu, nebo se již zvětšují předpracované díry, které mohou být předvrtané, předlité, předlisované, atd. [22].

Rozdělení podle technologie vrtání a druhu, konstrukce a geometrie použitého vrtáku:

- **navrtání začátku díry do plného materiálu** – používá se středící vrták,
- **vrtání krátkých děr do plného materiálu** – používají se vrtáky šroubovitě, kopinaté, s vyměnitelnými břitovými destičkami a s vyměnitelnými špičkami. Poměr krátkých děr  $D/L = 1/5$  až  $1/10$ , kde  $D$  – průměr díry,  $L$  – délka díry,
- **vrtání krátkých děr do předpracovaných děr** – používají se vrtáky šroubovitě, kopinaté, s vyměnitelnými špičkami, s vyměnitelnými břitovými destičkami a výjimečně pak vrtáky dělové a hlavňové,
- **vrtání hlubokých děr do plného materiálu nebo předpracovaných děr** – používají se vrtáky dělové, hlavňové, BTA, STS a šroubovitě vrtáky u děr malých průměrů. Poměr hlubokých děr  $D/L > 1/10$ ,
- **vrtání průchozích děr („na jádro“)** – používá se pro vrtání převážně větších průměrů. Jedná se o odřezávání obráběného materiálu ve tvaru mezikruží jednobřitým nebo vícebřitým korunkovým (trepanačním) vrtákem,
- **speciální druhy vrtání** – např. vrtání děr do plechu (termální tvářecí vrták), vrtání odstupňovaných děr (odstupňovaný vrták), vrtání díry se současným vystružováním, závitováním, zahlubováním nebo hlazením (sdružené nástroje),
- **vrtání děr v těžkoobrobitelných, kompozitních a nekovových materiálech** – nekovové materiály např. pryž, beton, kámen, cihly, atd. Pomocí vrtáků se speciální konstrukcí nebo geometrií [22].

#### 3.4.1 Parametry vrtání

Parametry vrtání lze popsat několika základními veličinami:

- **jmenovitý průřez třísky  $A_D$  [mm<sup>2</sup>]**,
- **průřez třísky  $A_D$  [mm<sup>2</sup>]** – do plného materiálu a předpracované díry
- **celkový průřez třísky  $A_D$  [mm<sup>2</sup>]** – do plného materiálu a předpracované díry,
- **jmenovitá tloušťka třísky  $h_D$  [mm]**,
- **jmenovitá šířka třísky  $b_D$  [mm]** – do plného materiálu a předpracované díry [22].

Jednotlivé základní veličiny s výpočtovými vztahy jsou uvedeny v příloze č. 15.

#### 3.4.2 Nástroje – vrtáky

Rozdělení vrtáků do několika hlavních skupin podle technologie vrtání a druhu, konstrukce a geometrie použitého vrtáku:

**středící vrtáky, šroubovitě vrtáky, kopinaté vrtáky, vrtáky s vyměnitelnou špičkou, vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami, korunkové vrtáky, dělové a hlavňové vrtáky, ejektorové vrtáky, BTA nebo STS vrtáky, vrtáky do plechu, odstupňované vrtáky, speciální sdružené vrtáky** [22].

##### Středící vrtáky

Někdy nazývané vrtáky na středící dŮlky (obr. 3.14). Používají se k navrtání začátku díry do plného materiálu nebo také k navrtání středícího otvoru pro uchycení materiálu do soustruhu (koníku) [22].



Obr. 3.14 Vrtáky: a) Středící vrták tvaru A, b) šroubovitý vrták s válcovou stopkou [23].

### Šroubovité vrtáky

Jsou nejčastěji používaným nástrojem pro vrtání krátkých děr. Na válcovitém těle mají vytvořeny obvykle dvě protilehlé šroubovitě drážky pro odvod třísky. Do průměru  $D = 20$  mm mají válcovou stopku (obr. 3.14), od průměru  $D = 10$  až 100 mm mají kuželovou stopku (Morse). Úhel stoupání šroubovice  $27^\circ \pm 5^\circ$  mají vrtáky určené pro vrtání do ocelí a litiny běžné pevnosti a tvrdosti. Větší úhel stoupání  $42^\circ \pm 5^\circ$  mají vrtáky určené pro vrtání do materiálu s vysokou houževnatostí např. měkké cementační oceli, slitiny hliníku bez přísady křemíku, termoplasty. Menší úhel stoupání  $12^\circ \pm 5^\circ$  mají vrtáky určené pro vrtání do tvrdších materiálů, které dávají drobnou třísky např. bronz, mosaz, slitiny hořčíku, pryž, bakelit, skelný laminát, tvrzený papír, umakart, novodur, silon, polystyrén, plexisklo [20,22,24].

Pro vrtání běžných nelegovaných ocelí a litin se používají běžné šroubovitě vrtáky s úhlem špičky  $\epsilon_r = \kappa_r = 118^\circ$ , pro vrtání těžko obrobitelných materiálů  $140^\circ$  a pro vrtání tvrdých plastů a pryží  $90^\circ$ . Špička vrtáku se někdy vybrušuje pod dvojitým úhlem, např.  $90^\circ$  a  $120^\circ$ , čímž se snižuje opotřebení nástroje. Použití je především pro vrtání materiálů s horší obrobitelností [22].

U současných šroubovitých vrtáků jsou aplikovány úpravy příčného ostří např. zkrácení pomocí podbroušení, nebo je nástroj konstruován tak, že je příčné ostří zcela odstraněno a to z důvodu výrazně vyššího kroutícího momentu a hlavně posuvové síly [22].

Materiály pro výrobu šroubovitých vrtáků jsou nejčastěji rychlořezné oceli, pro náročnější podmínky obrábění jsou určeny vrtáky s pájenými břitovými destičkami ze slinutých karbidů a vrtáky z monolitních slinutých karbidů bez povlaků, nebo častěji s otěruvzdornými povlaky, většinou na bázi nitridu titanu (TiN). Šroubovitě vrtáky mohou mít šroubovitě díry pro centrální přívod řezné kapaliny a vyrábějí se i v provedení se třemi břity [22].

### Kopinaté vrtáky

Kopinaté vrtáky (obr. 3.15) mají vysokou tuhost. Bez předchozího navrtání umožňují vrtat díry o průměru 10 až 128 mm, do poměru délky k průměru  $L/D = 3/1$ . Současné kopinaté vrtáky umožňují vnitřní přívod řezné kapaliny. Vyvrtaná díra kopinatým vrtákem má horší parametry drsnosti povrchu než po vyvrtání šroubovitým vrtákem [22].

Tyto vrtáky mají speciální tvar vyměnitelných břitových destiček a mohou být vyrobeny z rychlořezných ocelí nebo ze slinutých karbidů včetně povlakovaných. Nástrojový úhel nastavení hlavního ostří je obvykle  $\kappa_r = 66^\circ$  [22].



Obr. 3.15 Kopinaté vrtáky: a) kopinatý vrták firmy Arno, b) speciální břitová destička [22].



### **Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami**

Několik vyměnitelných břitových destiček (obr. 3.16) ze slinutých karbidů, je upnuto v tělese držáku pomocí šroubu se zapuštěnou hlavou. Téměř všechny vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami mají centrální přívod řezné kapaliny a většina těchto vrtáků může být použita i pro soustružení vnitřních nebo vnějších válcových a čelních rovinných ploch. Zejména u větších průměrů nástrojů jsou destičky upínány do tělesa nástroje prostřednictvím výměnných kazet, což umožňuje určitou změnu jmenovitého průměru beze změny tělesa vrtáku [22].



Obr. 3.16 Vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami.

### **Vrtáky s vyměnitelnou špičkou**

Vrtáky s vyměnitelnou špičkou (obr. 3.17) jsou vyráběny ve dvou základních konstrukčních provedeních a to se špičkou ve formě břitové destičky nebo hlavice. Vyměnitelné špičky tj. destičky i hlavice jsou vyráběny většinou ze slinutých karbidů převážně povlakovaných. Tyto vrtáky umožňují v některých případech centrální přívod řezné kapaliny do místa řezu [22].



Obr. 3.17 Vrták s vyměnitelnou špičkou firmy Iscar.

### **Dělové a hlavňové vrtáky**

Dělové a hlavňové vrtáky se používají pro vrtání hlubokých děr. Dělové vrtáky se používají pro vrtání menších hloubek, jelikož se nástroj musí po vyvrtání určité hloubky díry vytáhnout, aby se odstranily třísky, které zůstávají v díře. Hlavňové vrtáky slouží pro vrtání přesnějších hlubokých děr. Vrták je konstruován, tak že na trubku nebo tyč potřebné délky je připájena řezná část nástroje, která je vyrobena z rychlořezné oceli nebo slinutého karbidu. Řezná část nástroje je někdy tvořena připájenými břitovými destičkami, spolehlivé středění je zajištěno vodítky, která jsou rovněž připájena k tělesu vrtáku. Vyplavování vznikajících třísek je zajištěno dírami v tělese, kudy je přiváděna řezná kapalina. Pro vrtání pomocí dělových a hlavňových vrtáků se používají soustruhy, které jsou speciálně upraveny [22].

### **Ejektorové vrtáky**

Skládají se z vrtací hlavice, která je našroubovaná do vnější vrtací trubky (viz. příloha č. 16). Slouží pro vrtání do plného materiálu. K břitům nástroje mezikružím mezi vnější a vnitřní trubkou je přiváděna řezná kapalina. Malé množství řezné kapaliny, odchází štěrbinami v zadní části vnitřní trubky a způsobuje ejektorový efekt.

Ejektorový efekt je nasávání kapaliny směrem od břitů vrtáku a strhávání vznikajících třísek. Vrtání se může provádět na NC nebo CNC soustruzích, ale i na obráběcích centrech [22,24].

### **BTA a STS vrtáky**

Tento typ vrtáků (viz. příloha č. 16) umožňuje vrtat do plného materiálu, předvrtané díry a metodou „na jádro“. Vrtací hlavice jsou vyráběny v rozsahu až do 180 mm pro vrtání do plného materiálu a v rozsahu průměrů 120 až 300 mm při vrtání „na jádro“. U těchto typů vrtáků je řezná kapalina přiváděna mezerou mezi stěnou vrtané díry a trubkou vrtáku a spolu se vznikající třískou odváděna středem trubky. Tlaková hlava pro přívod řezné kapaliny musí být utěsněna z obou stran. Těsnění se nachází i na čelní ploše obrobku, kde vrták vstupuje do obráběného materiálu [22].

### **Vrtáky do plechu, odstupňované vrtáky a sdružené nástroje**

- **Vrtáky do plechu** – pro vrtání děr do plechu se používají nejčastěji termální tvářecí vrtáky (mají hladký kuželový hrot ze slinutého karbidu), vrtáky do plechu pro široký rozsah průměrů a odstupňované vrtáky,
- **odstupňované vrtáky** – jsou speciální nástroje používané na vrtání dvou a více průměrů současně,
- **sdružené nástroje** – jsou nástroje se stupňovitě uspořádanými břity. Jsou uzpůsobeny pro vrtání osazených děr se současným vystružováním, závitováním, zahlubováním nebo hlazením. Používají se v sériové a hromadné výrobě z důvodu časových úspor [19,22,24,25].

### **3.4.3 Stroje – vrtačky**

K vrtání, ale i k vystružování, vyhrubování a zahlubování se používají nejčastěji vrtačky. Tyto metody se mohou také realizovat na soustruzích, vodorovných vyvrtávačkách a obráběcích centrech. Velikost vrtaček se rozděluje podle maximálního průměru díry, kterou lze na vrtačkách vrtat zcela do oceli střední pevnosti [22].

Rozdělení vrtaček podle konstrukčního provedení:

**ruční, stolní, sloupové, stojanové, otočné, vodorovné na hluboké díry a speciální** [22].

#### **Stolní vrtačky**

Mají velmi jednoduchou konstrukci (obr. 3.18). Jsou určeny pro vrtání děr do průměru 20 mm. Motor je upevněn na vřeteníku, který je posuvný po krátkém sloupu. Výškovou polohu vřeteníku lze snadno měnit vzhledem k pracovnímu stolu. Posuv vřetene s nástrojem po krátkém sloupu je většinou ruční. Vyrábějí se jako jednovřetenové nebo řádové, s uspořádáním vřeten v jedné řadě na společném stole [22].

#### **Sloupové vrtačky**

Pracovní stůl i vřeteník lze svisle posouvat po sloupu, který je jejich základním prvkem. Posuv vřetene je mechanický. Obrobky menších rozměrů se upínají na pracovní stůl, obrobky větších rozměrů na podstavec. Jsou určeny pro vrtání děr do průměru 40 mm [22].

#### **Stojanové vrtačky**

Liší se od sloupových vrtaček tím, že pracovní stůl i vřeteník se výškově přesouvají po vedení stojanu (má skříňovitý průřez). Jsou určeny pro vrtání děr do průměru 80 mm [22].





Obr. 3.18 Vrtačky: a) stolní, b) otočná [15].

### **Otočné vrtačky**

Používají se pro obrábění větších a těžších obrobků. Hlavní součástí těchto vrtaček je rameno, na kterém se po vedení pohybuje ve vodorovném směru pracovní vřeteník (obr. 3.18) [22].

### **Montážní vrtačky**

Jedná se o zvláštní typ otočných vrtaček. Stroj je přenosný a využívá se v montážních dílnách. Obrobek je možné upnout na pevný stůl nebo stavitelnou vrtací kostkou [22].

### **Speciální vrtačky**

Patří zde vrtačky na hluboké díry, souřadnicové vrtačky, vícevřetenové vrtačky, stavebnicové vrtačky s vrtacími hlavami, atd. Využívají se pro speciální vrtací operace [22].

#### **3.4.4 Upínání obrobků a nástrojů**

K upínání obrobků se používají strojní svěráky, úpinky, svěrky, sklíčidla, upínací šrouby, apod. Vrtáky se v některých případech upínají do Morse redukčních pouzder, rychloupínacích pouzder, Weldon pouzder, apod. [22].

V současné době se velmi často používá upínání pomocí speciálních tepelných nebo hydraulických upínačů.

#### **3.5 Vyhrubování a vystružování**

Vzhledem k tomu, že vrtání je samo o sobě hrubovací operace, má vyvrtaná díra většinou špatné geometrické parametry (velká tolerance jmenovitého průměru, špatná kruhovitost i válcovitost, případně i vychýlení osy z požadovaného směru) a vysokou drsnost obrobeného povrchu. Z toho důvodu se pro vyšší požadavky na parametry přesnosti vyrobené díry dále používají další obráběcí operace a to vyhrubování a vystružování. Vystružování se provádí u děr do průměru 10 mm, větší průměry děr se vyhrubují a pak vystružují. Vyhrubování je operace, která slouží ke zpřesnění geometrických parametrů obráběné díry. Vystružování slouží ke komplexní výrobě přesné díry s požadovanými geometrickými parametry a drsností povrchu obrobené plochy [22].

### 3.5.1 Nástroje – výhrubníky a výstružníky

Výhrubníky a výstružníky jsou vícebřité nástroje, které se vyrábějí z rychlořezné oceli nebo s břity ze slinutých karbidů a cermetů [20,22].

Rozdělení dle způsobu práce a dle způsobu upnutí:

- **ruční**,
- **strojní**,
- **stopkové** – s kuželovou nebo válcovou stopkou,
- **nástrčné** [22].

#### Výhrubníky

Vyrábějí se jako stopkové do jmenovitého průměru  $D = 32$  mm a nástrčné (obr. 3.19) do jmenovitého průměru  $D = 24$  mm. Zuby výhrubníku jsou obvykle frézované, v pravé šroubovici. Slouží k hrubování předvrtaných, předlitých nebo předděrovaných děr [20,22].



Obr. 3.19 Výhrubník: a) nástrčný, b) strojní s kuželovou stopkou [26].

#### Výstružníky

Mají zuby přímé nebo ve šroubovici. Pracovní část výstružníků se podobně jako u výhrubníků skládá z řezného kužele a válcové části. Výstružníky s přímými zuby s výhodou používají nerovnoměrnou rozteč zubů, která zabezpečí dobrou kruhovitost díry a vysokou kvalitu jejího povrchu. Počet zubů výstružníku se pohybuje v rozsahu od 4 do 18 a závisí na jeho průměru. Jelikož výstružníky odebírají třísky malých rozměrů, je důležité, aby jejich břity byly co nejostřejší. Toho se dosáhne pečlivým broušením a lapováním břitů [22].

Rozdělení výstružníků:

- **ruční** – vyrábějí se zpravidla s válcovou stopkou zakončenou čtyřhranem. Řezná část je delší než u strojních výstružníků (obr. 3.20),
- **strojní** – vyrábějí se stopkou kuželovou (obr. 3.20) i válcovou. Větší průměry se vyrábějí jako nástrčné,

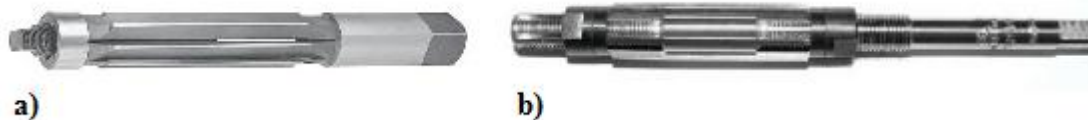


Obr. 3.20 Výstružník:

a) ruční s přímými zuby, b) strojní s kuželovou stopkou a přímými zuby [22].

- **rozpínací** – mají duté těleso. V podélném směru jsou mezi jednotlivými zuby rozříznuté. Vtlačováním kužele do kuželové díry v tělese se výstružník rozpíná a zvětšuje se tak průměr obalové kružnice zubů. Používají se při renovacích a opravách strojních dílů (obr. 3.21),

- **stavitelné** – mají zuby posuvné v drážkách na kuželové ploše tělesa výstružníku (obr. 3.21). Průměr obalové kružnice se zvětšuje nebo zmenšuje posouváním zubů v jednom nebo ve druhém směru [22].



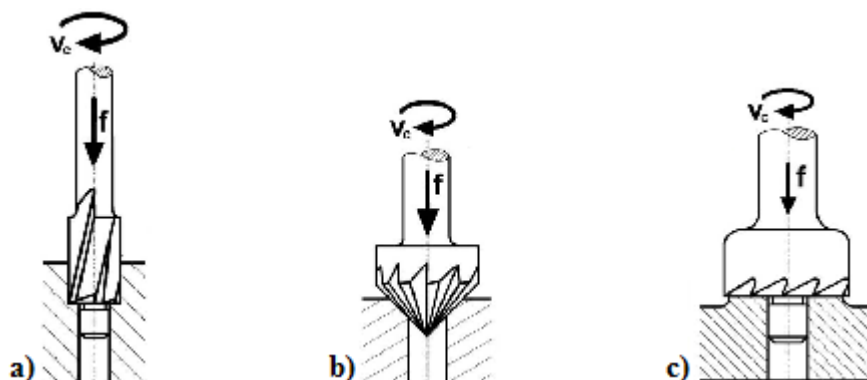
Obr. 3.21 Výstružník: a) ruční rozpínací, b) stavitelný [22,23].

Mezi další typy výstružníků patří např. jednobřité a loupací výstružníky [22]. Výstružníky se upínají do tzv. plovoucích pouzder.

V příloze č. 17 a příloze č. 18 je uveden katalog výstružníků a příklad označení výstružníku firmy Ham – Final.

### 3.6 Zahlubování

Zahlubování slouží k obrobení souosého válcového nebo kuželového zhloubení děr a případně i pro zarovnání čelní plochy (obr. 3.22) [22].



Obr. 3.22 Zahlubování: a) válcové, b) kuželové, c) zarovnání čelní plochy [22].

#### 3.6.1 Nástroje – záhlubníky

Rozdělení záhlubníků vzhledem k technologické specifikaci:

- **válcové** – stopkové nebo nástrčné. Jsou vedeny v předvrtané díře vodicím čepem (obr. 3.23),
- **kuželové** – mají samostředicí efekt a proto většinou středící čep nemají,
- **ploché** – jsou stejně jako válcové záhlubníky vedeny v předvrtané díře vodicím čepem,
- **speciální** – např. zpětné záhlubníky pro zahlubování v nepřístupných místech. U těchto záhlubníků je těleso s řeznou částí umístěno vůči stopce excentricky [22].

Zuby záhlubníků (obvykle 4, u kuželových záhlubníků na zkosení hran 6 až 10) jsou frézované nebo podsoustružené a mohou být přímé nebo v pravé šroubovici. Řezná část záhlubníků je vyrobena z rychlořezné oceli nebo slinutého karbidu, nebo ji tvoří vyměnitelné břitové destičky ze slinutých karbidů [22].



Obr. 3.23 Záhlubník s válcovou stopkou a vodícím čepem [23].

Pro zahlubování v nepřístupných místech se používá tzv. „zpětné“ zahlubování (příloha č. 19), pro které jsou určeny speciální záhlubníky [22].

## 4 DISKUZE

Diskuze se týká tří hlavních kapitol tj. historického vývoje obráběcích procesů, ekologie a metod obrábění.

### 4.1 Diskuze – historický vývoj obráběcích procesů

Počátky soustružení a vrtání jsou datovány do Doby kamenné, kdy se využívalo ručního pohonu a materiál tvořil převážně kámen, dřevo a kosti. Frézování je poněkud mladší technologie a její datování je od konce 18. století. Do 18. století bylo obrábění velmi jednoduché, jelikož pohon byl většinou ruční a dominantním materiálem bylo dřevo. Výrazné zrychlení vývoje prodělalo obrábění až s příchodem mechanického pohonu strojů. Ve 20. století se do obráběcích procesů začaly nasazovat prvky řízení a automatizace. Nyní se již běžně ve většině strojírenských firem vyskytují CNC obráběcí stroje, které jsou řízeny počítačovými systémy.

### 4.2 Diskuze – ekologie v obrábění

Ekologie a obnovitelné zdroje jsou v dnešní době vnímány jako nepostradatelná součást všech výrobních procesů, obdobně i ve strojírenské praxi. Pro zlepšení ekologie a hygieny pracovního prostředí se využívá odsávání, které filtruje olejovou mlhu a emulzní aerosol ze znečištěného vzduchu např. zařízení Filtermist. Dalším rizikem mohou být úniky procesních kapalin. S tím souvisí těsnost záchytných van u obráběcích strojů, případně těsnost kapotáže stroje. Velmi vhodné je také použití speciálního, antikorozního VCI balicího papíru.

Moderní strojírenské provozy se čím dál více zaměřují na podchycení a minimalizaci těchto rizik a zavádějí systémy řízení ekologických rizik podle normy ČSN EN ISO 14001 – Systémy environmentálního managementu. Respektování této normy není pro firmy zákonnou povinností, ale jejím dodržováním deklarují firmy zodpovědný přístup k životnímu prostředí.

Kromě nebezpečných odpadů vznikají při strojírenské výrobě i běžné odpady, které je možné předat k odborné firmě k likvidaci nebo využít nabídky zpětného odběru dodavatelů např. firma Sandvik Coromant nabízí zpětný odběr použitých VBD.

### 4.3 Diskuze – metody obrábění

Metody obrábění jsou rozděleny do tří skupin tj. soustružení, frézování a vrtání.

U soustružení je obrobek obráběn, většinou pomocí jednobřitého nástroje (soustružnického nože). Obrobek koná hlavní rotační pohyb, nástroj pak posuvový přímočarý pohyb. Soustružení dělíme na podélné a čelní.

U frézování je obrobek obráběn většinou vícebřítým nástrojem (frézou). Výhodou této metody je vynikající jakost obrobené plochy, velká přesnost rozměrů, atd. Nástroj koná hlavní rotační pohyb, obrobek pak posuvový většinou přímočarý pohyb.

Vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování slouží k obrábění děr. Nástroj koná hlavní rotační pohyb, méně často pak tento pohyb koná obrobek. Posuvový pohyb je ve směru své osy a vykonává ho nástroj.

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo popsat historii obrábění, ekologii ve strojírenských firmách a jako hlavní cíl bylo popsat obráběcí procesy z pohledu menší strojírenské firmy.

V první části je tedy obecně charakterizován historický vývoj obráběcích procesů. Zde jsou uvedeny zásadní mezníky, které přispěly k vývoji v tomto odvětví. Následně je uveden historický vývoj jednotlivých metod obrábění tj. soustružení, frézování a vrtání. Také jsou zde zmíněni konstruktéři a autoři jednotlivých knižních děl.

Druhá část se zabývá ekologií v obrábění. Na začátku jsou charakterizovány jednotlivé rizikové skupiny tj. procesní kapaliny, oleje, výpary a aerosoly. Dále jsou také vysvětleny jednotlivé pojmy spojené s recyklací a likvidací. V dalším textu jsou rozebrány metody řešení ekologie v souvislosti se strojírenskou výrobou.

V třetí části této práce jsou popsány metody obrábění a jejich rozdělení. Následně se tato kapitola dělí na podkapitoly týkající se: soustružení, frézování, vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování. U každé podkapitoly je uveden popis metody, definice pohybů, hlavní parametry, používané nástroje, strojní zařízení a způsoby upínání obrobků a nástrojů.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting – A Practical Handbook. ISBN 91–97 22 99–4–6.
2. POLZER, Aleš. *Akademie CNC obrábění (1)*. [online]. [cit. 2012–02–11]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.techtydenik.cz/akademie.php>>.
3. TOS VANS DORF. *Vzpomínky – historie obrábění 1 – 4* [online]. 2003 [cit. 2012–02–11]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/o-spolecnosti/historie/vzpominky/clanky/vzpominky-74-historie-obrabeni-1.html>>.
4. *On ye art and myserie of turning* [online]. 2000 [cit. 2012–02–11]. Dostupné na World Wide Web: <<http://homepages.tig.com.au/~dispater/turning.htm>>.
5. TUMLIKOVO METAL CUTTING TECHNOLOGIES. *Z historie vývoje fréz, frézovacích strojů a frézování* [online]. 2010 [cit. 2012–02–11]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.tumlikovo.cz/z-historie-vyvoje-frez-frezovacich-stroju-a-frezovani/>>.
6. MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM. *Recyklace – ekologie i ekonomika* [online]. 2004 [cit. 2012–02–18]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/recyklace-ekologie-i-ekonomika.html>>.
7. WEMAC spol. s.r.o. *Filtermist* [online]. [cit. 2012–02–11]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.wemac.cz/index.php?sk1=2&sk2=5&s=>>>.
8. CASTROL. *Products* [online]. [cit. 2012–02–25]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.castrol.com/castrol/sectiongenericarticle.do?categoryId=9029816&contentId=705536>>.
9. ALPHA DRIVE AD ENGINEERING SERVICES LIMITED. *Fuchs Lubricant* [online]. [cit. 2012–02–25]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.ad-eng.co.uk/fuchs-lubricant.php>>.
10. BRANOPAC CZ s.r.o. *BRANOrst (antikorozi papíry)* [online]. [cit. 2012–02–11]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.branopac.cz/gcl.html?sb=sortiment>>.
11. HUMÁR, Anton. *Technologie I – Technologie obrábění – 1. část*. [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. Brno: VUT–FSI, Ústav strojírenské technologie. 2003 [cit. 2012–02–25]. Dostupné na World Wide Web: <[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)>.
12. BRYCHTA, J., ČEP, R., SADÍLEK, M. *Nové směry v progresivním obrábění* [online]. Studijní materiály Fakulty Strojní, obor Strojírenská technologie. Ostrava: VŠB–TU. 2007 [cit. 2012–02–25]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.elearn.vsb.cz/archived/FS/NSPO/texty.pdf>>.
13. STROJÍRENSTVÍ PRO STŘEDNÍ ŠKOLY. *3.15.9.5.1 Základní postupy soustružení* [online]. [cit. 2012–03–11]. Dostupné na World Wide Web: <<http://strojirenstvi-ucivo.blogspot.com/2011/03/315951-zakladni-postupy-soustruzeni.html>>.
14. *Soustružnické nástroje*. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Švédsko: Elanders. Leden 2010. C-2900:9-CZE/01.

15. *Katalog obráběcích a tvářecích strojů* [online]. [cit. 2012-03-31]. Dostupné na World Wide Web: <<http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/vyuka/katalog/>>.
16. ZPJ s.r.o. *Skličidla 3-čelistní přesná* [online]. [cit. 2012-03-31]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.zjp.cz/cz/sklicidlo-3-celistni-presne-univerzalni-ocelove-typ-3574-ss-i-celisti-jednolite-din-6350/catalog.html?id=115>>.
17. NOTO s.r.o. *Příslušenství* [online]. [cit. 2012-03-31]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.noto.cz/dilna-naradi/obrabeci-a-specialni-stroje/kovoobrabeci-stroje/soustruhy/prislusenstvi-k-soustruhum/>>.
18. SANDVIK COROMANT. *Poloha frézy vůči obrobku* [online]. [cit. 2012-03-31]. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/technical\\_guide/milling/getting\\_started/general\\_guidelines/cutter\\_position/Pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/technical_guide/milling/getting_started/general_guidelines/cutter_position/Pages/default.aspx)>.
19. HUMÁR, Anton. *Technologie I – Základní metody obrábění – 1. část*. [online]. Interaktivní multimediální text pro magisterskou formu studia. Brno: VUT–FSI, Ústav strojírenské technologie. 2004 [cit. 2012-03-31]. Dostupné na World Wide Web: <[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/zakl\\_met\\_obr/zakl\\_met\\_obr\\_1](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/zakl_met_obr/zakl_met_obr_1)>.
20. KOCMAN, K. a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 270s. ISBN 80-214-3068-0.
21. STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA, Karviná. *Strojírenská technologie* [online]. [cit. 2012-03-31]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.sps-karvina.cz/www/polstina/slovník/technol.htm>>.
22. HUMÁR, Anton. *Technologie I – Technologie obrábění – 2. část*. [online]. Interaktivní multimediální text pro magisterskou formu studia. Brno: VUT–FSI, Ústav strojírenské technologie. 2004 [cit. 2012-02-25]. Dostupné na World Wide Web: <[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-2cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf)>.
23. NAKOL s.r.o. *Nástroje pro obrábění kovu* [online]. [cit. 2012-03-31]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.nakol.cz/nastroje-pro-obrabeni-kovu.htm>>.
24. ZEMČÍK, Oscar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2003. 193 s. ISBN 80-2147-2336-6.
25. ČEP, Robert. *Přednášky z předmětu strojírenské technologie II* [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupné na World Wide Web: <[http://homel.vsb.cz/~cep77/stroj\\_tech\\_II.htm](http://homel.vsb.cz/~cep77/stroj_tech_II.htm)>.
26. STIM ZET s.r.o. *Nástroje značky STIMZET* [online]. [cit. 2012-03-31]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.stimzetzsetin.cz/>>.
27. *Rotační nástroje*. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Švédsko: Elanders. Leden 2010. C-2900:10-CZE/01.
28. SANDVIK COROMANT. *Rotační nástroje* [online]. [cit. 2012-03-31]. Dostupné na World Wide Web: <[http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/-catalogue/CZE/ROT\\_D.pdf](http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/-catalogue/CZE/ROT_D.pdf)>.
29. HAM – FINAL s.r.o. *Katalog produktů – standardní nástroje* [online]. [cit. 2012-04-29]. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.ham-final.cz/?page=katalog\\_standardni\\_nastroje](http://www.ham-final.cz/?page=katalog_standardni_nastroje)>.



## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
<b>BTA</b>	[-]	Boring and Trepanning Association
<b>ČSN</b>	[-]	Česká státní norma
<b>CNC</b>	[-]	Computer Numeric Control
<b>EN</b>	[-]	Evropská norma
<b>ISO</b>	[-]	International Standard Organisation
<b>KNB</b>	[-]	kubický nitrid bóru
<b>NC</b>	[-]	Numeric Control
<b>PKD</b>	[-]	polykrystalický diamant
<b>PKNB</b>	[-]	polykrystalický kubický nitrid bóru
<b>SK</b>	[-]	slinutý karbid
<b>STS</b>	[-]	Single Tube System
<b>TiN</b>	[-]	nitrid titanu
<b>VBD</b>	[-]	vyměnitelné břitové destičky
<b>VCI</b>	[-]	Volatile Corrosion Inhibitors

Symbol	Jednotka	Popis
<b>A<sub>D</sub></b>	[mm <sup>2</sup> ]	průřez třísky (jmenovitý, celkový, atd.)
<b>A<sub>Di</sub></b>	[mm <sup>2</sup> ]	jmenovitý průřez třísky
<b>A<sub>Dmax</sub></b>	[mm <sup>2</sup> ]	maximální velikost jmenovitého průřezu třísky
<b>D</b>	[mm]	průměr (obráběné plochy, nástroje, atd.)
<b>H</b>	[mm]	hloubka odebírané vrstvy
<b>L</b>	[mm]	délka (obráběné plochy, díry, atd.)
<b>a<sub>p</sub></b>	[mm]	šířka záběru ostří
<b>b</b>	[mm]	jmenovitá šířka třísky
<b>b<sub>D</sub></b>	[mm]	jmenovitá šířka třísky
<b>d</b>	[mm]	průměr (obrobené plochy, předpracované díry, atd.)

<b>f</b>	[mm]	posuv na otáčku (obrobku, nástroje, atd.)
<b>f<sub>n</sub></b>	[mm]	posuv na otáčku
<b>f<sub>z</sub></b>	[mm]	posuv na zub
<b>h<sub>D</sub></b>	[mm]	jmenovitá tloušťka třísky
<b>h<sub>i</sub></b>	[mm]	tloušťka třísky (jmenovitá, okamžitá hodnota, atd.)
<b>h<sub>max</sub></b>	[mm]	maximální tloušťka třísky
<b>l</b>	[mm]	délka obrobené plochy
<b>n</b>	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky (obrobku, nástroje, atd.)
<b>v<sub>c</sub></b>	[m.min <sup>-1</sup> ]	řezná rychlost
<b>v<sub>e</sub></b>	[m.min <sup>-1</sup> ]	rychlost řezného pohybu
<b>v<sub>f</sub></b>	[m.min <sup>-1</sup> ]	posuvová rychlost
<b>z</b>	[-]	počet zubů (břitů) nástroje
<b>ε<sub>r</sub></b>	[°]	úhel špičky
<b>κ<sub>r</sub></b>	[°]	nástrojový úhel nastavení hlavního ostří
<b>π</b>	[-]	Ludolfovo číslo
<b>φ<sub>i</sub></b>	[°]	úhel posuvového pohybu
<b>φ<sub>max</sub></b>	[°]	maximální úhel posuvového pohybu

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1	Parametry soustružení [11,12].
Příloha 2	Základní práce na soustruhu [11].
Příloha 3	Kódové značení vnějšího obrábění firmy Sandvik Coromant [14].
Příloha 4	Kódové značení vnitřního obrábění firmy Sandvik Coromant [14].
Příloha 5	Kódové značení VBD pro soustružení od firmy Sandvik Coromant [14].
Příloha 6	Revolverové hlavy s upnutými držáky s nástroji.
Příloha 7	Pohyb frézy při čelním frézování [11].
Příloha 8	Tab. 3.2 Parametry frézování [11,12].
Příloha 9	Frézy firmy Walter [11].
Příloha 10	Zobrazení vybraných fréz [11,28].
Příloha 11	Kódové značení VBD pro frézování od firmy Sandvik Coromant [27].
Příloha 12	Kódové značení fréz firmy Sandvik Coromant [27].
Příloha 13	Technologická paleta s přípravkem pro upnutí obrobku.
Příloha 14	Tab. 3.3 Parametry vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování [22].
Příloha 15	Tab. 3.4 Parametry vrtání [22].
Příloha 16	Princip funkce ejektorového vrtáku a princip funkce BTA a STS vrtáku [22].
Příloha 17	Katalog výstružníků firmy Ham – Final [29].
Příloha 18	Příklad označení výstružníku z katalogu firmy Ham – Final [29].
Příloha 19	Princip funkce tzv. „zpětného zahlubování“ [22].

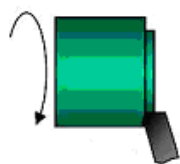
## PŘÍLOHA 1

Tab. 3.1 Parametry soustružení [11,12].

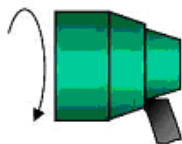
<b>Řezná rychlost <math>v_c</math></b>		<b>(3.1)</b>
<i>Řezná rychlost</i> – je rychlost hlavního řezného pohybu a je definována jako obvodová rychlost měřená na obráběné ploše. Hodnota řezné rychlosti je různá s ohledem na použití materiálu nástroje a obrobku. Využívá se i konstantní řezná rychlost.		
$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$	D [mm] – průměr obráběné plochy n [min <sup>-1</sup> ] – otáčky obrobku	
<b>Posuvová rychlost <math>v_f</math></b>		<b>(3.2)</b>
<i>Posuvová rychlost</i> – je rychlost, při které se soustružnický nástroj posune při jedné otáčce o hodnotu posuvu v závislosti na otáčkách obrobku. <i>Posuv na otáčku obrobku</i> – je dráha, kterou vykoná nástroj za jednu otáčku obrobku.		
$v_f = f \cdot n \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$	f [mm] – posuv na otáčku obrobku n – viz. vztah 3.1	
<b>Rychlost řezného pohybu <math>v_e</math></b>		<b>(3.3)</b>
<i>Rychlost řezného pohybu</i> – se vyjádří složením vztahů pro řeznou a posuvovou rychlost.		
$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} = \frac{n \cdot \sqrt{(\pi \cdot D)^2 + f^2}}{1000} \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$	D, n, f – viz. vztah 3.1, 3.2	
<b>Šířka záběru ostří <math>a_p</math></b>		<b>(3.4), (3.5)</b>
<i>Šířka záběru ostří</i> – je velmi důležité rozlišovat o jaké soustružení se jedná (podélné nebo čelní).		
Podélné soustružení $a_p = 0,5 \cdot (D - d) \text{ [mm]}$	d [mm] – průměr obrobené plochy D – viz. vztah 3.1	
Čelní soustružení $a_p = L - l \text{ [mm]}$	L [mm] – délka obráběné plochy l [mm] – délka obrobené plochy	
<b>Jmenovitá šířka třísky <math>b_D</math></b>		<b>(3.6)</b>
$b_D = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \text{ [mm]}$	$\kappa_r$ [°] – nástrojový úhel nastavení hlavního ostří	
<b>Jmenovitá tloušťka třísky <math>h_D</math></b>		<b>(3.7)</b>
$h_D = f \cdot \sin \kappa_r \text{ [mm]}$	f, $\kappa_r$ – viz. vztah 3.2, 3.6	
<b>Jmenovitý průřez třísky <math>A_D</math></b>		<b>(3.8)</b>
$A_D = b_D \cdot h_D = a_p \cdot f \text{ [mm}^2\text{]}$	$b_D$ , $h_D$ , $a_p$ , f – viz. vztah 3.2, 3.4, 3.5	

## PŘÍLOHA 2

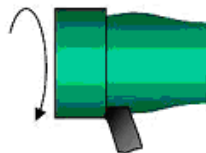
Základní práce na soustruhu [11].



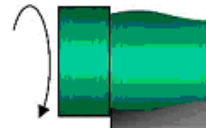
**Čelní soustružení**



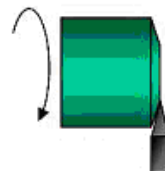
**Soustružení kuželové plochy**



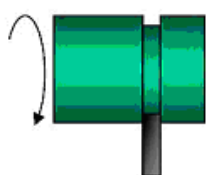
**Podélné tvarové soustružení**



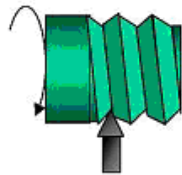
**Tvarové zapichovací soustružení**



**Srážení hrany**



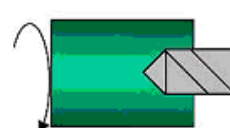
**Zapichování**



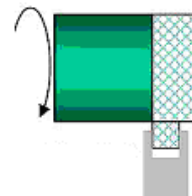
**Soustružení závitů**



**Vyvrtávání**



**Vrtání**



**Vroubkování**

Kódové značení vnějšího obrábění firmy Sandvik Coromant [14].

**Coromant Capto®**

<b>C3</b>	<b>- D C L N R 22 040</b>							<b>- 09</b>	
1	2	3	4	5	6	9	10	11	12

<b>D</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>N</b>	<b>R</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>M</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>2</b>
2	3	4	5	6	7	8	10	11		13

D	C	L	N	R	16	4	D	-	
2	3	4	5	6	7-8	11	10		12

## 1 Velikost spojky, mm

C = Coromant Capto®

D<sub>5m</sub> = Rozměr spojky

C3 D<sub>5m</sub> = 32  
C4 D<sub>5m</sub> = 40  
C5 D<sub>5m</sub> = 50  
C6 D<sub>5m</sub> = 63  
C8 D<sub>5m</sub> = 80

Coromant Capto®

## 2 Upínací systém

C

Upínání upinkou  
shora

D

Upínání shora a za  
otvor (RC)

M, W

Upínání shora a za  
otvor

P

Upínání za otvor

S

Utahovací šroub

## 3 Tvar VBD

C

D

K

R

S

T

V

W

## 4 Typy nástrojových držáků podle úhlu nastavení (úhlu hlavního břítu)

A

90°  
(0°)

B

75°  
(15°)

D

45°  
(45°)

E

60°  
(30°)

F

91°  
(-1°)

G

91°  
(-1°)

H

107.5°  
(-17.5°)

J

93°  
(-3°)

K

75°  
(15°)

L

95°  
(-5°)

M

50°  
(40°)

N

62.5°  
(27.5°)

Q

107.5°  
(-17.5°)

R

75°  
(15°)

S

45°  
(45°)

T

60°  
(30°)

U

93°  
(-3°)

V

72.5°  
(17.5°)

Y(X)

85°  
(5°)

Y(Z)

85°  
(5°)







P

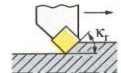

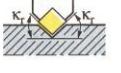
62.5°  
(27.5°)



## PŘÍLOHA 3 (2/2)

Kódové značení vnějšího obrábění firmy Sandvik Coromant [14].

5 Úhel hřbetu břitové destičky	
B  5°	C  7°
D  15°	E  20°
N  0°	P  11°
O Zvláštní provedení	


6 Provedení nástroje	
R  Posuv	
L  Posuv	
N  Posuv	Posuv

7 & 8 Velikost stopky (šířka <i>b</i> a výška <i>h</i> ) inch	
05 = 5/16 X 5/16	85 = 1 X 1 1/4
06 = 3/8 X 3/8	86 = 1 X 1 1/2
08 = 1/2 X 1/2	20 = 1 1/4 X 1 1/4
10 = 5/8 X 5/8	24 = 1 1/2 X 1 1/2
12 = 3/4 X 3/4	32 = 2 X 2
16 = 1 X 1	
Sedmá a osmá pozice kódového označení představují jednoduchý, ze dvou číslic složený, symbol, který udává průřez nástrojového držáku. U stopek se čtvercovým průřezem s délkou hrany 5/8" a větší, udává toto číslo příslušný rozměr pro výšku i šířku stopky v šestnáctinách palce.	
V případě stopek s délkou hrany kratší než 5/8" je před číslem udávajícím počet šestnáctin palce příčného průřezu uvedena ještě nula.	
V případě držáků s obdélníkovým průřezem znamená první číslo šířku stopky v osminách palce a druhé číslo výšku stopky ve čtvrtinách palce.	

7 & 8 Velikost stopky (šířka *b* a výška *h*) mm

7


Výška stopky



\* Jednoduchým celým číslem musí předcházet 0, např. *h* = 8 mm se značí 08


8

Šířka stopky



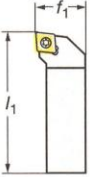
\* Jednoduchým celým číslem musí předcházet 0, např. *b* = 8 mm se značí 08

9 Rozměr *f*<sub>1</sub>, Coromant Capto®




Rozměr *f*<sub>1</sub> v mm (2 číslice)

10 Délka a šířka nástroje, inch



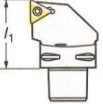
<b>A</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 4"
<b>B</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 4.5"
<b>C</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 5"
<b>D</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 6"
<b>E</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 7"
<b>F</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 8"
<b>M</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 4"
<b>N</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 4.5"
<b>P</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 5"
<b>R</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 6"
<b>S</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 7"
<b>T</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 8"

10 Délka stopkového nástroje, metrické rozměry



<b>A</b> = 32 mm	<b>N</b> = 150 mm
<b>B</b> = 40 mm	<b>P</b> = 170 mm
<b>C</b> = 50 mm	<b>Q</b> = 180 mm
<b>D</b> = 60 mm	<b>R</b> = 200 mm
<b>E</b> = 70 mm	<b>S</b> = 250 mm
<b>G</b> = 80 mm	<b>T</b> = 300 mm
<b>H</b> = 100 mm	<b>U</b> = 350 mm
<b>J</b> = 110 mm	<b>V</b> = 400 mm
<b>K</b> = 125 mm	<b>W</b> = 400 mm
<b>L</b> = 140 mm	
<b>M</b> = 150 mm	<b>X</b> = Speciální

10 Délka nástroje Coromant Capto®, metrické rozměry



Rozměr *l*<sub>1</sub> v mm (3 číslice)

Standards SANDVIK

<b>G</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 5.5"
<b>U</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 5.5"
<b>V</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 3.5"
<b>K</b>	<i>l</i> <sub>1</sub> = 14"

11	Velikost VBD	12	Možnost označení ponechaná na výrobci																						
<b>Metrické rozměry</b>		V případě potřeby lze za ISO kód přidat maximálně 3 symboly, oddělené pomlčkou, například W - pro upínání klínem.																							
<p>Délka ostří</p> <p>Délka břitů se uvádí v mm.</p> <p>Celé číslo (bez zaokrouhlení).</p>																									
<b>Inch</b>																									
<p>Průměr vepsané kružnice je udáván v 1/8".</p> <table><tr><td>1.2</td><td>= 5/32</td></tr><tr><td>1.5</td><td>= 3/16</td></tr><tr><td>1.8</td><td>= 7/32</td></tr><tr><td>2</td><td>= 1/4</td></tr><tr><td>2.5</td><td>= 5/8</td></tr><tr><td>3</td><td>= 3/8</td></tr><tr><td>4</td><td>= 1/2</td></tr><tr><td>5</td><td>= 5/8</td></tr><tr><td>6</td><td>= 3/4</td></tr><tr><td>8</td><td>= 1</td></tr><tr><td>10</td><td>= 1 1/4</td></tr></table>		1.2	= 5/32	1.5	= 3/16	1.8	= 7/32	2	= 1/4	2.5	= 5/8	3	= 3/8	4	= 1/2	5	= 5/8	6	= 3/4	8	= 1	10	= 1 1/4		
1.2	= 5/32																								
1.5	= 3/16																								
1.8	= 7/32																								
2	= 1/4																								
2.5	= 5/8																								
3	= 3/8																								
4	= 1/2																								
5	= 5/8																								
6	= 3/4																								
8	= 1																								
10	= 1 1/4																								

## PŘÍLOHA 4 (1/2)

Kódové značení vnitřního obrábění firmy Sandvik Coromant [14].

### Kódové značení stopkových nástrojů a vyvrtávacích tyčí Coromant Capto®

Coromant Capto®

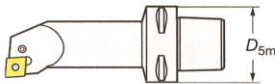
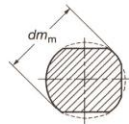
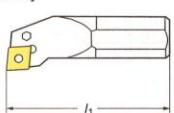















<b>C3</b>	-	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>C</b>	<b>R</b>	-	<b>11065</b>	-	<b>09</b>	
1		5	6	7	8	9		13		10	11

Stopkové nástroje, metrické rozměry

<b>S</b>	<b>40</b>	<b>V</b>	-	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>C</b>	<b>R</b>		<b>12</b>		-	<b>ID</b>
2	3	4		5	6	7	8	9		10		11	12

Stopkové nástroje, palcové rozměry

<b>S</b>	<b>24</b>	<b>V</b>	-	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>C</b>	<b>R</b>		<b>4</b>	-	
2	3	4		5	6	7	8	9		10		11

<div>1 Rozměry spojky</div> <div>C = Coromant Capto® D<sub>5m</sub> = Rozměr spojky</div> <div></div> <div><table><tr><td></td><td>mm</td><td>palce</td></tr><tr><td>C3</td><td>D<sub>5m</sub> = 32</td><td>1.26</td></tr><tr><td>C4</td><td>D<sub>5m</sub> = 40</td><td>1.57</td></tr><tr><td>C5</td><td>D<sub>5m</sub> = 50</td><td>1.96</td></tr><tr><td>C6</td><td>D<sub>5m</sub> = 63</td><td>2.48</td></tr><tr><td>C8</td><td>D<sub>5m</sub> = 80</td><td>3.15</td></tr></table></div>		mm	palce	C3	D <sub>5m</sub> = 32	1.26	C4	D <sub>5m</sub> = 40	1.57	C5	D <sub>5m</sub> = 50	1.96	C6	D <sub>5m</sub> = 63	2.48	C8	D <sub>5m</sub> = 80	3.15	<div>2 Druh tyče</div> <div>A = Celistvá ocelová tyč s vnitřním přívodem řezné kapaliny.</div> <div>B = Tyč s karbidovou stopkou</div> <div>C = Tlumená tyč s karbidovou stopkou</div> <div>S = Celistvé ocelové tyče bez vnitřního přívodu řezné kapaliny</div>	<div>3 Průměr tyče</div> <div><table><tr><td>mm</td><td>palce</td></tr><tr><td>03 =</td><td>.1875</td></tr><tr><td>04 =</td><td>.250</td></tr><tr><td>05 =</td><td>.3125</td></tr><tr><td>06 =</td><td>.375</td></tr><tr><td>08 =</td><td>.500</td></tr><tr><td>10 =</td><td>.625</td></tr><tr><td>12 =</td><td>.750</td></tr><tr><td>16 =</td><td>1.000</td></tr><tr><td>20 =</td><td>1.250</td></tr><tr><td>24 =</td><td>1.500</td></tr><tr><td>28 =</td><td>1.750</td></tr><tr><td>32 =</td><td>2.000</td></tr><tr><td>36 =</td><td>2.250</td></tr><tr><td>40 =</td><td>2.500</td></tr></table></div> <div></div>	mm	palce	03 =	.1875	04 =	.250	05 =	.3125	06 =	.375	08 =	.500	10 =	.625	12 =	.750	16 =	1.000	20 =	1.250	24 =	1.500	28 =	1.750	32 =	2.000	36 =	2.250	40 =	2.500
	mm	palce																																																
C3	D <sub>5m</sub> = 32	1.26																																																
C4	D <sub>5m</sub> = 40	1.57																																																
C5	D <sub>5m</sub> = 50	1.96																																																
C6	D <sub>5m</sub> = 63	2.48																																																
C8	D <sub>5m</sub> = 80	3.15																																																
mm	palce																																																	
03 =	.1875																																																	
04 =	.250																																																	
05 =	.3125																																																	
06 =	.375																																																	
08 =	.500																																																	
10 =	.625																																																	
12 =	.750																																																	
16 =	1.000																																																	
20 =	1.250																																																	
24 =	1.500																																																	
28 =	1.750																																																	
32 =	2.000																																																	
36 =	2.250																																																	
40 =	2.500																																																	
<div>4 Délka nástroje, l<sub>1</sub> mm, inch</div> <div>Stopkový nástroj</div> <div></div> <div><table><tr><td>Metri</td><td>Inch</td><td>Metric</td><td>Inch</td></tr><tr><td>F = 80</td><td>3.250</td><td>S = 250</td><td>10.000</td></tr><tr><td>H = 100</td><td>4.000</td><td>T = 300</td><td>12.000</td></tr><tr><td>K = 125</td><td>5.000</td><td>U = 350</td><td>14.000</td></tr><tr><td>M = 150</td><td>6.000</td><td>V = 400</td><td>15.750</td></tr><tr><td>P = 170</td><td>6.250</td><td>W = 450</td><td>17.750</td></tr><tr><td>Q = 180</td><td>7.250</td><td>Y = 500</td><td>20.000</td></tr><tr><td>R = 200</td><td>8.000</td><td>X = Speciální</td><td></td></tr></table></div>	Metri	Inch	Metric	Inch	F = 80	3.250	S = 250	10.000	H = 100	4.000	T = 300	12.000	K = 125	5.000	U = 350	14.000	M = 150	6.000	V = 400	15.750	P = 170	6.250	W = 450	17.750	Q = 180	7.250	Y = 500	20.000	R = 200	8.000	X = Speciální		<div>5 Upínací systém</div> <div><table><tr><td><div>C</div><div></div><div>Upínání upínkou shora</div></td><td><div>D</div><div></div><div>Upínání shora a za otvor (RC)</div></td><td><div>M,W</div><div></div><div>Upínání shora a za otvor</div></td><td><div>P</div><div></div><div>Upínání za otvor</div></td><td><div>S</div><div></div><div>Upínání šroubem</div></td></tr></table></div>			<div>C</div> <div></div> <div>Upínání upínkou shora</div>	<div>D</div> <div></div> <div>Upínání shora a za otvor (RC)</div>	<div>M,W</div> <div></div> <div>Upínání shora a za otvor</div>	<div>P</div> <div></div> <div>Upínání za otvor</div>	<div>S</div> <div></div> <div>Upínání šroubem</div>										
Metri	Inch	Metric	Inch																																															
F = 80	3.250	S = 250	10.000																																															
H = 100	4.000	T = 300	12.000																																															
K = 125	5.000	U = 350	14.000																																															
M = 150	6.000	V = 400	15.750																																															
P = 170	6.250	W = 450	17.750																																															
Q = 180	7.250	Y = 500	20.000																																															
R = 200	8.000	X = Speciální																																																
<div>C</div> <div></div> <div>Upínání upínkou shora</div>	<div>D</div> <div></div> <div>Upínání shora a za otvor (RC)</div>	<div>M,W</div> <div></div> <div>Upínání shora a za otvor</div>	<div>P</div> <div></div> <div>Upínání za otvor</div>	<div>S</div> <div></div> <div>Upínání šroubem</div>																																														

## PŘÍLOHA 4 (2/2)

Kódové značení vnitřního obrábění firmy Sandvik Coromant [14].

6 Tvar VBD		7 Typ tyče, úhel hlavního břitu (úhel nastavení)		8 Úhel hřbetu na hlavním břitu	
C		D		B	
K		R		C	
S		T		D	
V		W		E	
		F		J	
		K		L	
		P		Q	
		U		U-X	
				N	
				O	Zvláštní provedení
				P	

9 Provedení nástroje	10 Délka ostří	11 Možnost volby výrobce
R		V případě potřeby lze za ISO kód přidat maximálně 3 symboly oddělené pomlčkou, například:
L		C = S možností vnitřního přívodu řezné kapaliny
	<p>Metrické rozměry</p> <p>S</p> <p>T</p> <p>C,D</p> <p>K</p> <p>R</p> <p>W</p> <p>Délka břitu se uvádí v mm.</p> <p>Celé číslo (bez zaokrouhlení).</p> <p>Inch</p> <p>C,D,V</p> <p>R</p> <p>S</p> <p>T</p> <p>W</p> <p>1.2 = 5/32</p> <p>1.5 = 3/16</p> <p>1.8 = 7/32</p> <p>2 = 1/4</p> <p>2.5 = 5/16</p> <p>3 = 3/8</p> <p>4 = 1/2</p> <p>5 = 5/8</p> <p>6 = 3/4</p> <p>8 = 1</p> <p>10 = 1L</p>	D = Prodloužený rozměr $f_1$ , + 1.0mm (.04")
		E = Prodloužený rozměr $f_1$ , + 2.0mm (.08")
		F = Prodloužený rozměr $f_1$ , + 3.0mm (.12")
		G = Pozměněné rozměry
		L = Prodloužený rozměr $l_1$ .
		R = Válcová stopka
		W = Provedení s klínem
		X = Zpětné vyvrtávání

12 Upínací systém Keramické břitové destičky	13 Velikost řezné jednotky Coromant Capto, mm
ID = Upínka s přitlačnou destičkou	$f_1 \times l_1$
	Příklad C4-SCLCR 11065-09 $f_1 = 11 \text{ mm}$ (2 číslice) $l_1 = 065 \text{ mm}$ (3 číslice)

## PŘÍLOHA 5 (1/2)

Kódové značení VBD pro soustružení od firmy Sandvik Coromant [14].

### Břítové destičky pro všeobecné soustružení

Břítové destičky, metrické provedení

<b>C</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>12</b>	<b>04</b>	<b>08</b>	-			-	<b>PF</b>
1	2	3	4	5	6	7		8	9		12

Břítové destičky, palcové provedení














<b>C</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	-			-	<b>PF</b>
1	2	3	4	5	6	7		8	9		12

Břítové destičky, pokročilé řezné materiály, metrické provedení

<b>C</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>12</b>	<b>04</b>	<b>08</b>	-	<b>T</b>	<b>010</b>	<b>20</b>
1	2	3	4	5	6	7		8	10	11

Břítové destičky, pokročilé řezné materiály, palcové provedení

<b>C</b>	<b>N</b>	<b>G</b>	<b>A</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	-	<b>T</b>	<b>03</b>	<b>20</b>
1	2	3	4	5	6	7		8	10	11

<b>1 Tvar VBD</b>	
C 	D 
K 	R 
S 	T 
V 	W 
<b>2 Úhel hřbetu břítové destičky</b>	
B 	C 
E 	N 
P 	O Zvláštní provedení

#### 3 Tolerance - metrické rozměry




Třída	s	iC / iW
G	±0.13	±0.025
M	±0.13	±0.05 – ±0.15 <sup>1)</sup>
U	±0.13	±0.08 – ±0.25 <sup>1)</sup>
E	±0.025	±0.025

<sup>1)</sup>Závisí na velikosti iC. Viz níže.

Vepsaná kružnice iC mm	Třída tolerance	
	M	U
3.97		
5.0		
5.56		
6.0		
6.35		
8.0		
9.525		
10.0		
12.0		
12.7		
15.875		
16.0		
19.05		
20.0		
25.0		
25.4		
31.75		
32.0		

U destiček s pozitivní geometrií břitu platí hodnota iC pro ostrou hranu.

#### 3 Tolerance, inch

		
A: Teoretický průměr vepsané kružnice pro danou VBD.	T: Tloušťka břítové destičky.	B: Viz obrázek.

#### Tolerance - palcové rozměry















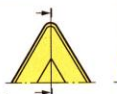







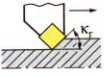
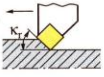
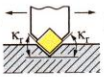
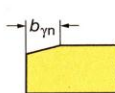
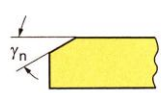
Třída B:	A:	T:
A ±.0002	±.001	±.001
B .0002	.001	.005
C .0005	.001	.001
D .0005	.001	.005
E .001	.001	.001
F .0002	.0005	.001
G .001	.001	.005
H .0005	.0005	.001
J .0002	.002-.005	.001
K .0005	.002-.005	.001
L .001	.002-.005	.001
M .002-.005	.002-.005	.005
U .005-.012	.005-.010	.005
N .002-.010	.002-.004	.001



## PŘÍLOHA 5 (2/2)

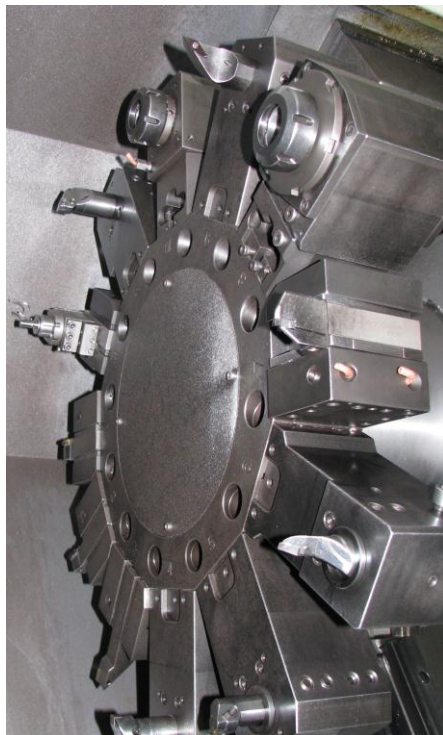
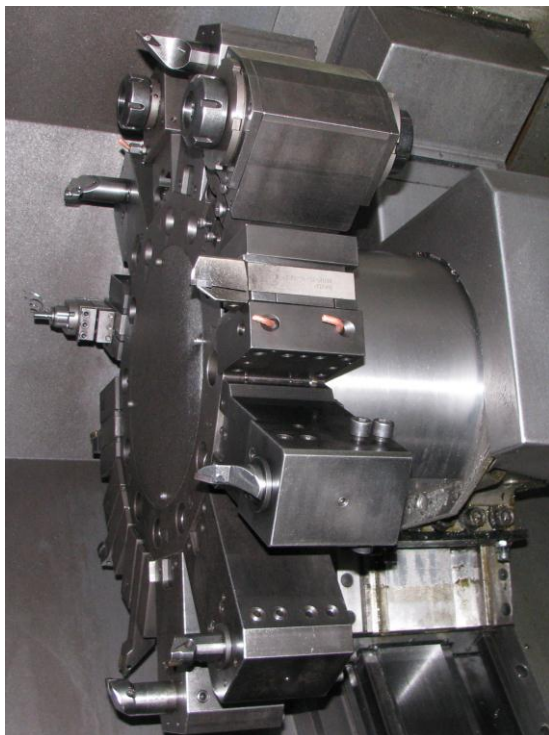
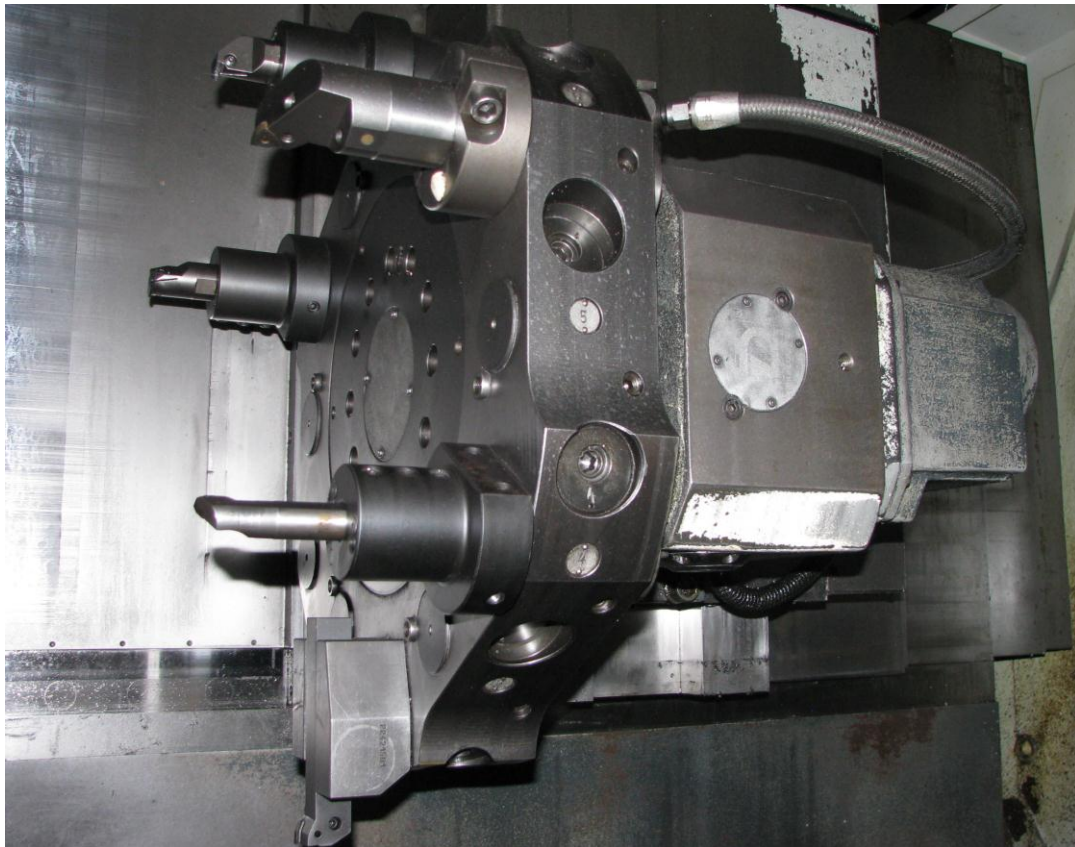
Kódové značení VBD pro soustružení od firmy Sandvik Coromant [14].

### Břítové destičky pro všeobecné soustružení

<div>4 Typ VBD</div> <div> <div>A</div> <div>Q</div> </div> <div> <div>G</div> <div>R</div> </div> <div> <div>M</div> <div>T</div> </div> <div> <div>N</div> <div>W</div> </div> <div> <div>P</div> <div>X</div> <div>Zvláštní konstrukční provedení</div> </div>	<div>5 Velikost VBD</div> <div> <div>Průměr vepsané kružnice, inch</div> <div> <div>R</div> <div>S</div> <div>T</div> <div>W</div> </div> <div>Průměr vepsané kružnice je udáván v 1/8".</div> </div> <div> <div>Délka břitu, metrické jednotky</div> <table> <tr> <th></th><th>C</th><th>D</th><th>R</th><th>S</th><th>T</th><th>V</th><th>W</th><th>K</th></tr> <tr> <td>3.18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>05</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>3.97</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>06</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>5.0</td><td></td><td></td><td>05</td><td></td><td>09</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>6.0</td><td></td><td>06</td><td></td><td></td><td>11</td><td>11</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>6.35</td><td></td><td>07</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>8.0</td><td></td><td></td><td>08</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>9.525</td><td>09</td><td>11</td><td>09</td><td>09</td><td>16</td><td>16</td><td>06</td><td>16<sup>1)</sup></td></tr> <tr> <td>10.0</td><td></td><td></td><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>12.0</td><td></td><td></td><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>12.7</td><td></td><td>15</td><td>12</td><td>12</td><td>22</td><td>22</td><td>08</td><td></td></tr> <tr> <td>15.875</td><td>16</td><td></td><td>15</td><td>15</td><td>27</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>16.0</td><td></td><td></td><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>19.05</td><td>19</td><td></td><td>19</td><td>19</td><td>33</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>20.0</td><td></td><td></td><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>25.0</td><td></td><td></td><td>25<sup>1)</sup></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>25.4</td><td>25</td><td></td><td>25<sup>2)</sup></td><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>31.75</td><td></td><td></td><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>32</td><td></td><td></td><td>32</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <div> <div><sup>1)</sup> Pro VBD tvaru K (KNMX, KNUX) je uvedena pouze teoretická délka řezné hrany.</div> <div><sup>1)</sup> Provedení v metrických mírách</div> <div><sup>2)</sup> Provedení v palcových mírách</div> </div> </div>		C	D	R	S	T	V	W	K	3.18					05				3.97					06				5.0			05		09				6.0		06			11	11			6.35		07							8.0			08						9.525	09	11	09	09	16	16	06	16 <sup>1)</sup>	10.0			10						12.0			12						12.7		15	12	12	22	22	08		15.875	16		15	15	27				16.0			16						19.05	19		19	19	33				20.0			20						25.0			25 <sup>1)</sup>						25.4	25		25 <sup>2)</sup>	25					31.75			31						32			32					
	C	D	R	S	T	V	W	K																																																																																																																																																																				
3.18					05																																																																																																																																																																							
3.97					06																																																																																																																																																																							
5.0			05		09																																																																																																																																																																							
6.0		06			11	11																																																																																																																																																																						
6.35		07																																																																																																																																																																										
8.0			08																																																																																																																																																																									
9.525	09	11	09	09	16	16	06	16 <sup>1)</sup>																																																																																																																																																																				
10.0			10																																																																																																																																																																									
12.0			12																																																																																																																																																																									
12.7		15	12	12	22	22	08																																																																																																																																																																					
15.875	16		15	15	27																																																																																																																																																																							
16.0			16																																																																																																																																																																									
19.05	19		19	19	33																																																																																																																																																																							
20.0			20																																																																																																																																																																									
25.0			25 <sup>1)</sup>																																																																																																																																																																									
25.4	25		25 <sup>2)</sup>	25																																																																																																																																																																								
31.75			31																																																																																																																																																																									
32			32																																																																																																																																																																									
<div>6 Tloušťka břítové destičky s, mm, inch</div> <div>  </div> <table> <tr> <th>Metrické rozměry</th><th>Palcové rozměry</th></tr> <tr><td>01 s = 1.59</td><td>1 s = .0625</td></tr> <tr><td>T1 s = 1.98</td><td>(1.2) s = .075</td></tr> <tr><td>02 s = 2.38</td><td>(1.5) s = 3/32</td></tr> <tr><td>03 s = 3.18</td><td>2 s = 1/8</td></tr> <tr><td>T3 s = 3.97</td><td>(2.5) s = 5/32</td></tr> <tr><td>04 s = 4.76</td><td>3 s = 3/16</td></tr> <tr><td>05 s = 5.56</td><td>4 s = 1/4</td></tr> <tr><td>06 s = 6.35</td><td>5 s = 5/16</td></tr> <tr><td>07 s = 7.94</td><td>6 s = 3/8</td></tr> <tr><td>09 s = 9.52</td><td>6.3 s = .394</td></tr> <tr><td>10 s = 10.00</td><td>7.6 s = .475</td></tr> <tr><td>12 s = 12.00</td><td></td></tr> </table>	Metrické rozměry	Palcové rozměry	01 s = 1.59	1 s = .0625	T1 s = 1.98	(1.2) s = .075	02 s = 2.38	(1.5) s = 3/32	03 s = 3.18	2 s = 1/8	T3 s = 3.97	(2.5) s = 5/32	04 s = 4.76	3 s = 3/16	05 s = 5.56	4 s = 1/4	06 s = 6.35	5 s = 5/16	07 s = 7.94	6 s = 3/8	09 s = 9.52	6.3 s = .394	10 s = 10.00	7.6 s = .475	12 s = 12.00		<div>7 Poloměr špičky r<sub>E</sub>, mm, inch</div> <div>  </div> <table> <tr> <th>mm:</th><th>Inch:</th><th>Skutečný rozměr:</th></tr> <tr><td>00 = 0</td><td>00</td><td>Kruhové VBD</td></tr> <tr><td>01 = 0.1</td><td>03</td><td>.004</td></tr> <tr><td>02 = 0.2</td><td>0</td><td>.008</td></tr> <tr><td>04 = 0.4</td><td>1 = 1/64</td><td>.0156</td></tr> <tr><td>05 = 0.5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>08 = 0.8</td><td>2 = 1/32</td><td>.0312</td></tr> <tr><td>10 = 1.0</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12 = 1.2</td><td>3 = 3/64</td><td>.047</td></tr> <tr><td>15 = 1.5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16 = 1.6</td><td>4 = 1/16</td><td>.0625</td></tr> <tr><td>24 = 2.4</td><td>6 = 3/32</td><td>.094</td></tr> <tr><td>32 = 3.2</td><td>8 = 1/8</td><td>.125</td></tr> </table> <div>Poznámka: Příklad uvádí stanovení přibližného poloměru špičky v metrických jednotkách. 16=1.6mm=.063≈.0625</div>	mm:	Inch:	Skutečný rozměr:	00 = 0	00	Kruhové VBD	01 = 0.1	03	.004	02 = 0.2	0	.008	04 = 0.4	1 = 1/64	.0156	05 = 0.5			08 = 0.8	2 = 1/32	.0312	10 = 1.0			12 = 1.2	3 = 3/64	.047	15 = 1.5			16 = 1.6	4 = 1/16	.0625	24 = 2.4	6 = 3/32	.094	32 = 3.2	8 = 1/8	.125	<div>8 Tvar řezné hrany</div> <div> <div>F</div> <div>Ostrý břit</div> <div>A</div> <div>Břit s úpravou typu ER (ANSI)</div> <div>E</div> <div>Zaoblená řezná hrana (s ER úpravou)</div> <div>T</div> <div>Řezná hrana s negativní fazetou</div> <div>K</div> <div>Řezná hrana s dvojitou negativní fazetou</div> <div>S</div> <div>Břit s negativní fazetou a zaoblením řezné hrany (s ER úpravou)</div> </div>																																																																																																									
Metrické rozměry	Palcové rozměry																																																																																																																																																																											
01 s = 1.59	1 s = .0625																																																																																																																																																																											
T1 s = 1.98	(1.2) s = .075																																																																																																																																																																											
02 s = 2.38	(1.5) s = 3/32																																																																																																																																																																											
03 s = 3.18	2 s = 1/8																																																																																																																																																																											
T3 s = 3.97	(2.5) s = 5/32																																																																																																																																																																											
04 s = 4.76	3 s = 3/16																																																																																																																																																																											
05 s = 5.56	4 s = 1/4																																																																																																																																																																											
06 s = 6.35	5 s = 5/16																																																																																																																																																																											
07 s = 7.94	6 s = 3/8																																																																																																																																																																											
09 s = 9.52	6.3 s = .394																																																																																																																																																																											
10 s = 10.00	7.6 s = .475																																																																																																																																																																											
12 s = 12.00																																																																																																																																																																												
mm:	Inch:	Skutečný rozměr:																																																																																																																																																																										
00 = 0	00	Kruhové VBD																																																																																																																																																																										
01 = 0.1	03	.004																																																																																																																																																																										
02 = 0.2	0	.008																																																																																																																																																																										
04 = 0.4	1 = 1/64	.0156																																																																																																																																																																										
05 = 0.5																																																																																																																																																																												
08 = 0.8	2 = 1/32	.0312																																																																																																																																																																										
10 = 1.0																																																																																																																																																																												
12 = 1.2	3 = 3/64	.047																																																																																																																																																																										
15 = 1.5																																																																																																																																																																												
16 = 1.6	4 = 1/16	.0625																																																																																																																																																																										
24 = 2.4	6 = 3/32	.094																																																																																																																																																																										
32 = 3.2	8 = 1/8	.125																																																																																																																																																																										
<div>9 Provedení nástroje</div> <div> <div>R</div> <div>Posuv</div> <div>L</div> <div>Posuv</div> <div>N</div> <div>Posuv</div> </div>	<div>10 Šířka fazety mm, inch</div> <div>  </div> <table> <tr> <th>mm:</th><th>b<sub>γn</sub></th></tr> <tr><td>010</td><td>b<sub>γn</sub> = 0.10</td></tr> <tr><td>025</td><td>b<sub>γn</sub> = 0.25</td></tr> <tr><td>070</td><td>b<sub>γn</sub> = 0.70</td></tr> <tr><td>150</td><td>b<sub>γn</sub> = 1.50</td></tr> <tr><td>200</td><td>b<sub>γn</sub> = 2.00</td></tr> </table> <table> <tr> <th>Inch:</th><th>b<sub>γn</sub></th></tr> <tr><td>03</td><td>b<sub>γn</sub> = .003</td></tr> <tr><td>08</td><td>b<sub>γn</sub> = .008</td></tr> <tr><td>30</td><td>b<sub>γn</sub> = .030</td></tr> <tr><td>60</td><td>b<sub>γn</sub> = .060</td></tr> <tr><td>80</td><td>b<sub>γn</sub> = .080</td></tr> </table> <div>Podrobnější informace, viz vysvětlivky k objednacím kódům na straně A66</div>	mm:	b <sub>γn</sub>	010	b <sub>γn</sub> = 0.10	025	b <sub>γn</sub> = 0.25	070	b <sub>γn</sub> = 0.70	150	b <sub>γn</sub> = 1.50	200	b <sub>γn</sub> = 2.00	Inch:	b <sub>γn</sub>	03	b <sub>γn</sub> = .003	08	b <sub>γn</sub> = .008	30	b <sub>γn</sub> = .030	60	b <sub>γn</sub> = .060	80	b <sub>γn</sub> = .080	<div>11 Úhel zkosení</div> <div>  </div> <div> <div>15 γ<sub>n</sub> = 15°</div> <div>20 γ<sub>n</sub> = 20°</div> </div>																																																																																																																																																		
mm:	b <sub>γn</sub>																																																																																																																																																																											
010	b <sub>γn</sub> = 0.10																																																																																																																																																																											
025	b <sub>γn</sub> = 0.25																																																																																																																																																																											
070	b <sub>γn</sub> = 0.70																																																																																																																																																																											
150	b <sub>γn</sub> = 1.50																																																																																																																																																																											
200	b <sub>γn</sub> = 2.00																																																																																																																																																																											
Inch:	b <sub>γn</sub>																																																																																																																																																																											
03	b <sub>γn</sub> = .003																																																																																																																																																																											
08	b <sub>γn</sub> = .008																																																																																																																																																																											
30	b <sub>γn</sub> = .030																																																																																																																																																																											
60	b <sub>γn</sub> = .060																																																																																																																																																																											
80	b <sub>γn</sub> = .080																																																																																																																																																																											
<div>12 Možnost označení ponechaná na výrobci</div> <div> <div>Označení dle ISO se skládá z 9 symbolů, přičemž symboly 8 a 9 se používají pouze tehdy, jsou-li potřeba. Výrobce má navíc možnost použít až tři další symboly, např.</div> <div> <div>- WF = geometrie Wiper – dokončování</div> <div>- WMX = hladící geometrie Wiper, střední obrábění</div> <div>- PF = ISO P – dokončování</div> <div>- PR = ISO P – hrubování</div> </div> </div>																																																																																																																																																																												

## PŘÍLOHA 6

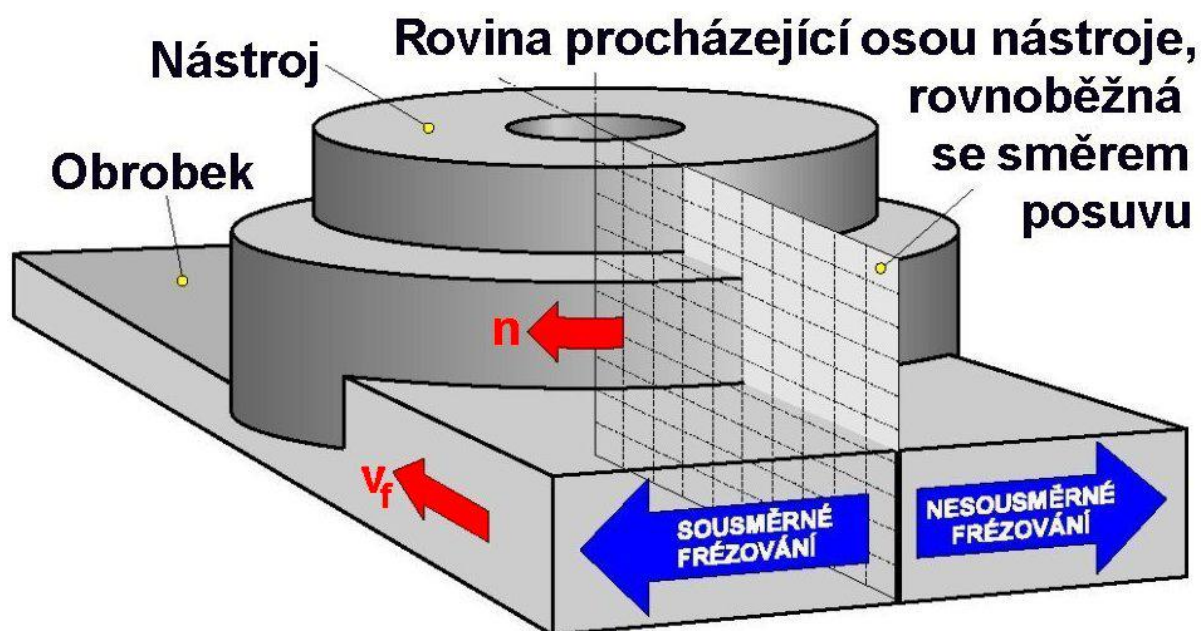
Revolverové hlavy s upnutými držáky s nástroji.





## PŘÍLOHA 7

Pohyb frézy při čelním frézování [11].



## PŘÍLOHA 8 (1/2)

Tab. 3.2 Parametry frézování [11,12].

<b>Řezná rychlost <math>v_c</math></b>		<b>(3.9)</b>
<i>Řezná rychlost</i> – za řeznou rychlost se pro zjednodušení pokládá obvodová rychlost nástroje.		
$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$	D [mm] – průměr nástroje n [min <sup>-1</sup> ] – otáčky nástroje	
<b>Posuv na otáčku <math>f_n</math></b>		<b>(3.10)</b>
<i>Posuv na otáčku</i> – je délka dráhy obrobku za dobu jedné otáčky nástroje. <i>Posuv na zub</i> – je základní jednotkou posuvového pohybu. Je to délka dráhy obrobku za dobu záběru zubu.		
$f_n = f_z \cdot z \text{ [mm]}$	$f_z$ [mm] – posuv na zub z [–] – počet zubů (břitů) nástroje	
<b>Posuvová rychlost <math>v_f</math></b>		<b>(3.11)</b>
$v_f = f_n \cdot n = f_z \cdot z \cdot n \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$	$f_n$ , n, $f_z$ , z – viz. vztah 3.9, 3.10	
<b>Jmenovitá tloušťka třísky <math>h_i</math></b>		<b>(3.12)</b>
<i>Jmenovitá tloušťka třísky</i> – při válcovém nesousledném frézování se tloušťka odřezávané třísky ( $h_i$ ) mění od nulové do maximální hodnoty a při sousledném frézování od maximální hodnoty do nulové. <i>Úhel posuvového pohybu</i> – mění se nejen v závislosti na poloze řešeného zubu, ale u fréz se šikmými zuby nebo zuby ve šroubovici, ale také podél příslušného ostří.		
$h_i = f(\varphi_i) = f_z \cdot \sin \varphi_i \text{ [mm]}$	$\varphi_i$ [°] – úhel posuvového pohybu $f_z$ – viz. vztah 3.10	
<b>Jmenovitý průřez třísky <math>A_{Di}</math></b>		<b>(3.13)</b>
$A_{Di} = a_p \cdot h_i = a_p \cdot f_z \cdot \sin \varphi_i \text{ [mm}^2\text{]}$	$a_p$ [mm] – šířka záběru ostří $h_i$ , $f_z$ , $\varphi_i$ – viz. vztah 3.10, 3.12	
<b>Maximální velikost jmenovitého průřezu třísky <math>A_{Dmax}</math></b>		<b>(3.14)</b>
Maximální velikost jmenovitého průřezu třísky bude při $\varphi_i = \varphi_{max}$ .		
$A_{Dmax} = a_p \cdot h_{max} = a_p \cdot f_z \cdot \sin \varphi_{max} \text{ [mm}^2\text{]}$	$h_{max}$ [mm] – maximální tloušťka třísky $a_p$ , $f_z$ , $\varphi_i$ – viz. vztah 3.10, 3.12, 3.13	
<b>Maximální sinus posuvového pohybu <math>\sin \varphi_{max}</math></b>		<b>(3.15)</b>
$\sin \varphi_{max} = \frac{2}{D} \sqrt{D \cdot H - H^2} \text{ [–]}$	H [mm] – hloubka odebrané vrstvy D – viz. vztah 3.9	

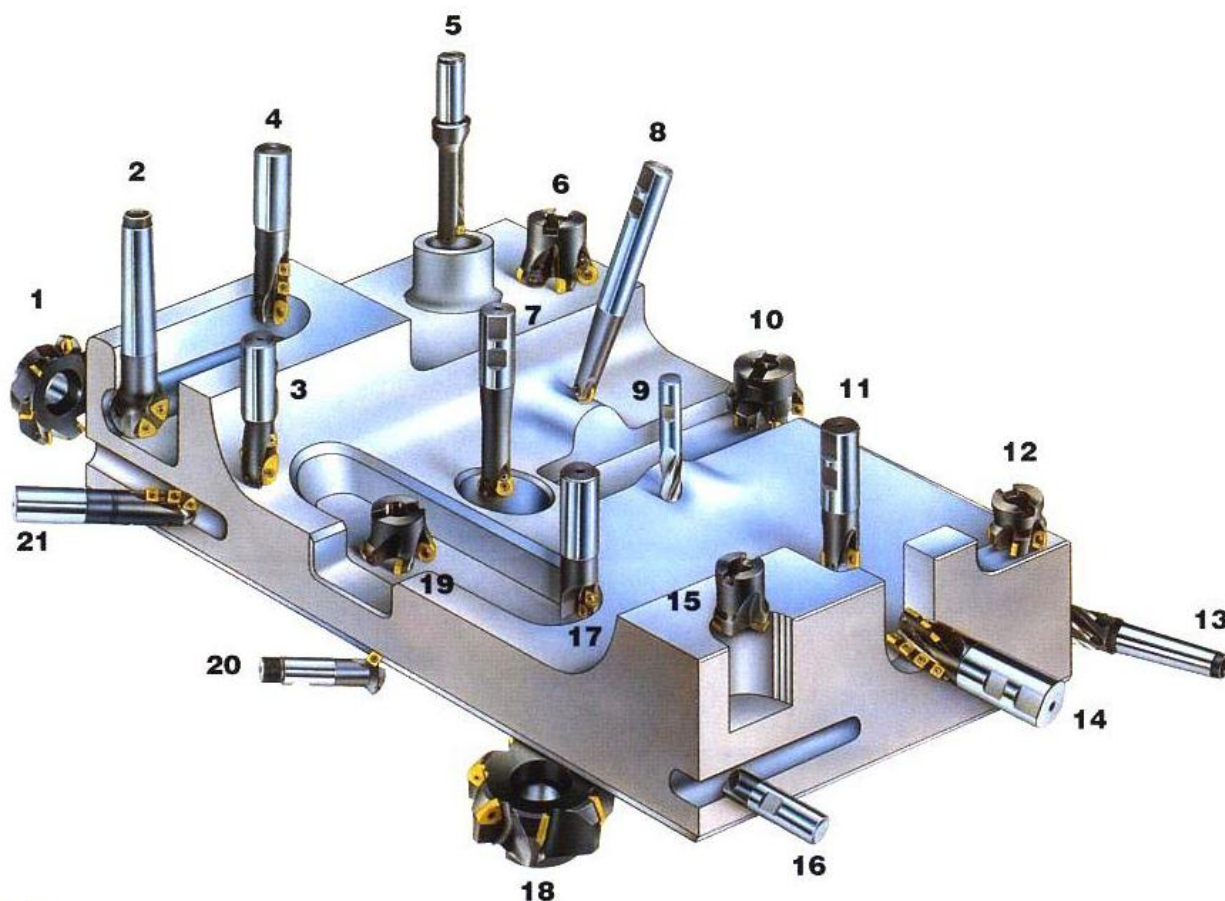
## PŘÍLOHA 8 (2/2)

Tab. 3.2 Parametry frézování [11,12].

Okamžitá hodnota tloušťky třísky $h_i$		(3.16)
$h_i = f_z \cdot \sin \varphi_i \cdot \sin \kappa_r \text{ [mm]}$	$\kappa_r \text{ [}^\circ\text{]} - \text{úhel nastavení hlavního ostří}$	
Jmenovitá šířka třísky $b_i$		(3.17)
<i>Jmenovitá šířka třísky</i> – je pro libovolný úhel posuvového pohybu ( $\varphi_i$ ) konstantní.		
$b = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \text{ [mm]}$	$a_p, \kappa_r, - \text{viz. vztah 3.13, 3.16}$	
Jmenovitý průřez třísky $A_{Di}$ pro $\kappa_r = 90^\circ$		(3.18)
$A_{Di} = b \cdot h_i = a_p \cdot f_z \cdot \sin \varphi_i \text{ [mm}^2\text{]}$	$b, h_i, a_p, f_z, \varphi_i - \text{viz. vztah 3.10, 3.12, 3.13, 3.17}$	
Maximální hodnota jmenovitého průřezu třísky $A_{D\max}$ pro $\varphi_i = 90^\circ$		(3.19)
$A_{D\max} = a_p \cdot f_z \text{ [mm}^2\text{]}$	$a_p, f_z - \text{viz. vztah 3.10, 3.13}$	

## PŘÍLOHA 9

Frézy firmy Walter [11].

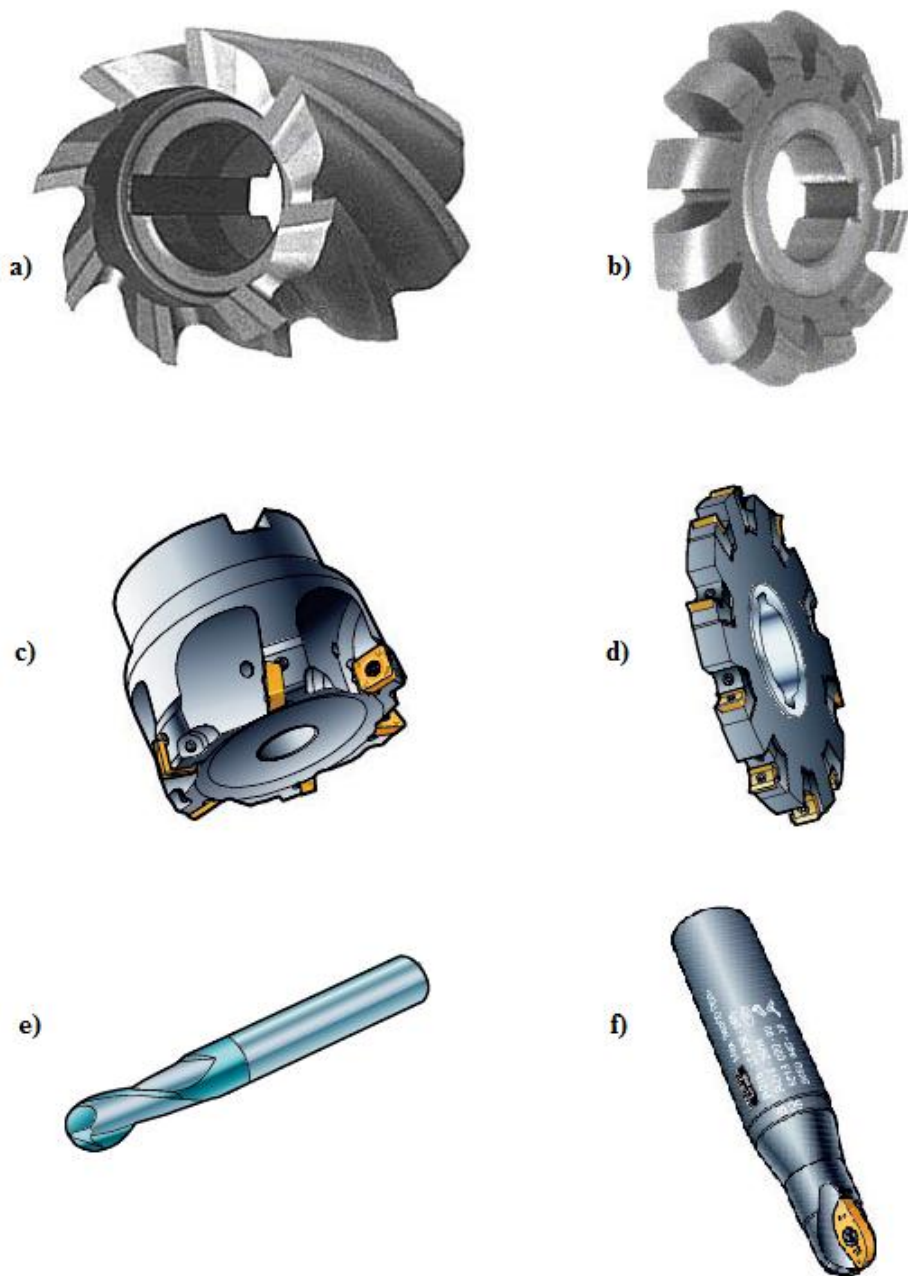


Fréza:

1 – Rovinná; 2, 3, 21 – Kulová; 4, 7, 8 – Kopírovací; 6 – S kruhovými VBD; 9 – Z monolitního SK; 10 – Rovinná/Rohová; 11, 12 – Rohová; 13 – Typ HELI; 14 – "Ježková"; 15 – Ponorná; 16 – Rádiusová, monolitní SK; 17 – Vrtací drážková; 18 – Typ WENDELNOVEX; 19 – S osmihrannými VBD; 20 – Na srážení hran  
5 – Vrták

## PŘÍLOHA 10

Zobrazení vybraných fréz [11,28].



- a) Válcová čelní fréza s frézovanými zuby z rychlořezné oceli
- b) Válcová fréza s podsoustruženými zuby z rychlořezné oceli
- c) Čelní fréza s vyměnitelnými břitovými destičkami od firmy Sandvik Coromant
- d) Oboustranná kotoučová fréza s vyměnitelnými břitovými destičkami od firmy Sandvik Coromant
- e) Stopková fréza s kulovým čelem ze slinutého karbidu od firmy Sandvik Coromant
- f) Stopková fréza s kulovým čelem s vyměnitelnými břitovými destičkami od firmy Sandvik Coromant



## PŘÍLOHA 11

Kódové značení VBD pro frézování od firmy Sandvik Coromant [27].

### Základní kódové značení břitových destiček CoroMill

<b>R</b>	<b>390</b>	<b>-</b>	<b>11</b>	<b>T3</b>	<b>12</b>	<b>M</b>	<b>-</b>	<b>P</b>	<b>L</b>	<b>W</b>
1	2		3	4	5	6		7	8	9

<b>1</b> Provedení břitové destičky  R = Pravostranné provedení L = Levostranné provedení	<b>2</b> Hlavní kódové označení  Příklad: 390= CoroMill® 390	<b>3</b> Šířka břitové destičky  Příklad: 11=11 mm (.669 inch)
<b>4</b> Tloušťka břitové destičky, s mm  Příklad: T3 s = 3.97  04 s = 4.76  06 s = 6.33	<b>5</b> Poloměr rohu  Příklad: 12 = 1.2 mm	<b>6</b> Vlastnosti břitu  M = Nejvyšší spolehlivost břitu  E = Nejvyšší ostrost a přesnost  H = Vysoká ostrost a přesnost břitu  K = Vysoká ostrost břitu
<b>7</b> Hlavní oblasti použití dle ISO  <div> <div>P</div> <div>M</div> <div>K</div> <div>N</div> <div>S</div> <div>H</div> </div>	<b>8</b> Pracovní operace  L = Lehký řez M = Střední obrábění H = Hrubování T = Rotační frézování	<b>9</b> Wiper  W = Wiper



## PŘÍLOHA 12

Kódové značení fréz firmy Sandvik Coromant [27].

### Základní kódové značení fréz CoroMill

<b>R</b>	<b>A</b>	<b>390</b>	<b>-</b>	<b>063</b>	<b>Q</b>	<b>22</b>	<b>L</b>	<b>-</b>	<b>11</b>	<b>M</b>	<b>050</b>
1	2	3		4	5	6	7		8	9	10

<div>1 Provedení</div> <div>R = Pravotočivé</div>	<div>2 Výkon</div> <div>A = Inch</div>	<div>3 Hlavní kódové označení</div> <div>Příklad: 390 = CoroMill® 390</div>
<div>4 Průměr řezu</div> <div>Příklad: 063 = 63 mm</div>	<div>5 Způsob upínání</div> <div>A = Válcová stopka, mm</div> <div>B = Weldon, mm</div> <div>C = Coromant Capto</div> <div>D = Válcová stopka, inch</div> <div>J = Upínací trn CIS</div> <div>M = Weldon, inch</div> <div>N = Whistle Notch, inch</div> <div>Q = Upínací trn, mm</div> <div>O = Válcová stopka, inch</div> <div>R = Upínací trn, inch</div> <div>T = Závíťová spojka</div> <div>W = Whistle Notch mm</div> <div>HA= HSK tvar A</div>	
<div>6 Velikost spojky</div> <div>22 = 22 mm</div>		
<div>7 Prodloužené provedení</div> <div>L = Extra dlouhá</div>	<div>9 Rozteč</div> <div>L = Velká rozteč zubů</div> <div>M = Malá rozteč</div> <div>H = Zvláště malá rozteč</div>	<div>10 Délka, <math>l_1</math></div> <div>Příklad: 050 = 50 mm</div>
<div>8 Velikost VBD</div> <div>11 = 11 mm (<math>l_a</math>)</div>		

## PŘÍLOHA 13

Technologická paleta s přípravkem pro upnutí obrobku.



## PŘÍLOHA 14

Tab. 3.3 Parametry vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování [22].

<b>Řezná rychlost <math>v_c</math></b>		<b>(3.20)</b>
<i>Řezná rychlost</i> – je charakteristickou vlastností všech nástrojů na díry. Řezná rychlost se podél hlavního ostří, ve směru od obvodu ke středu nástroje, zmenšuje. V ose nástroje dosahuje nulovou hodnotu. Za řeznou rychlost se považuje obvodová rychlost na největším (jmenovitém) průměru nástroje.		
$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$	D [mm] – průměr obráběné díry n [min <sup>-1</sup> ] – otáčky nástroje (případně obrobku)	
<b>Posuvová rychlost <math>v_f</math></b>		<b>(3.21)</b>
$v_f = f \cdot n \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$	f [mm] – posuv nástroje na jednu otáčku n – viz. vztah 3.20	
<b>Rychlost řezného pohybu <math>v_e</math></b>		<b>(3.22)</b>
<i>Rychlost řezného pohybu</i> – se stanoví složením vztahů pro řeznou a posuvovou rychlost.		
$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} = \frac{n \cdot \sqrt{(\pi \cdot D)^2 + f^2}}{1000} \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$	$v_c, v_f, n, D, f$ – viz. vztah 3.20, 3.21	
<b>Posuv na zub <math>f_z</math></b>		<b>(3.23)</b>
<i>Posuv na zub</i> – jelikož vrtáky a zejména výhrubníky, výstružníky, výhlubníky jsou vícebřité nástroje, lze ve všech případech stanovit hodnotu posuvu na zub ( $f_z$ ).		
$f_z = \frac{f}{z} \text{ [mm]}$	z [–] – počet zubů (břitů) nástroje f – viz. vztah 3.21	



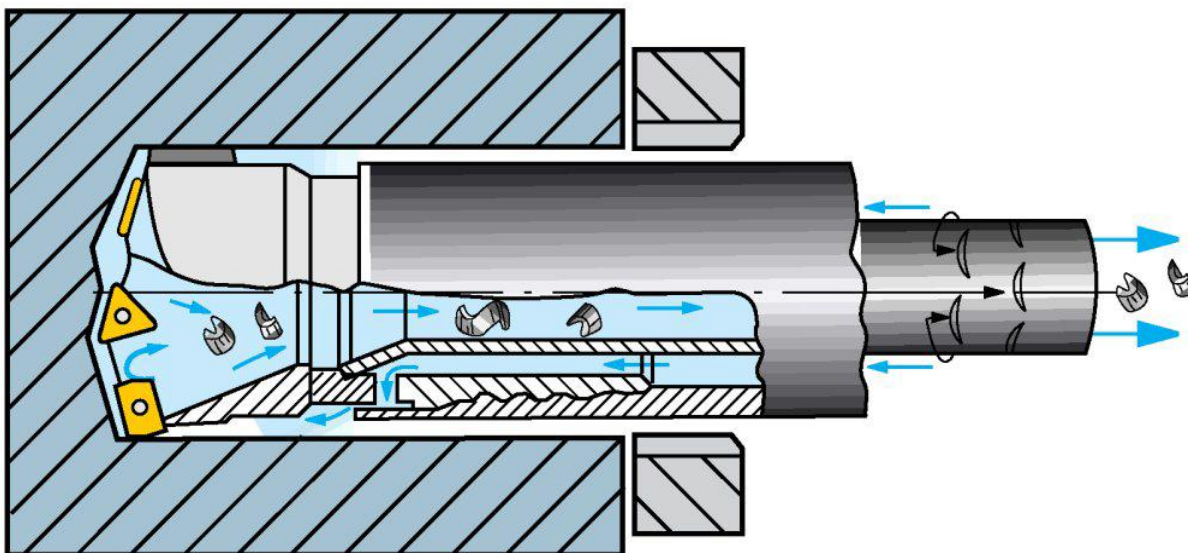
## PŘÍLOHA 15

Tab. 3.4 Parametry vrtání [22].

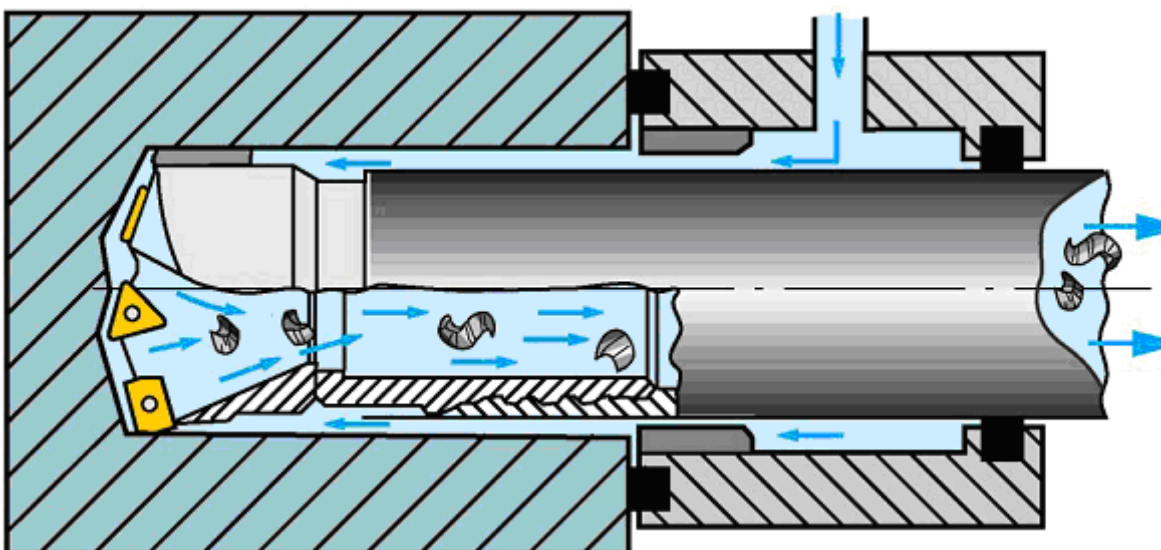
<b>Jmenovitý průřez třísky <math>A_D</math></b>		<b>(3.24)</b>
<i>Jmenovitý průřez třísky</i> – je odebírán jedním břitem šroubovitého vrtáku.		
$A_D = b_D \cdot h_D = a_p \cdot \frac{f}{2} \text{ [mm}^2\text{]}$	$b_D$ [mm] – jmenovitá šířka třísky $h_D$ [mm] – jmenovitá tloušťka třísky $a_p$ [mm] – šířka záběru ostří $f$ [mm] – posuv na otáčku	
<b>Průřez třísky <math>A_D</math> (do plného materiálu)</b>		<b>(3.25)</b>
<i>Průřez třísky (do plného materiálu)</i> – je odebírán jedním břitem nástroje při vrtání do plného materiálu.		
$A_D = \frac{D \cdot f}{4} \text{ [mm}^2\text{]}$	$D$ [mm] – průměr nástroje (vrtáku) $f$ – viz- vztah 3.24	
<b>Průřez třísky <math>A_D</math> (do předpracované díry)</b>		<b>(3.26)</b>
<i>Průřez třísky (do předpracované díry)</i> – je odebírán jedním břitem nástroje při vrtání do předpracované díry.		
$A_D = \frac{(D - d) \cdot f}{4} \text{ [mm}^2\text{]}$	$d$ [mm] – průměr předpracované díry $D, f$ – viz- vztah 3.24, 3.25	
<b>Celkový průřez třísky <math>A_D</math> (do plného materiálu)</b>		<b>(3.27)</b>
<i>Celkový průřez třísky (do plného materiálu)</i> – je odebírán dvoubřitým nástrojem při vrtání do plného materiálu.		
$A_D = \frac{D \cdot f}{2} \text{ [mm}^2\text{]}$	$D, f$ – viz- vztah 3.24, 3.25	
<b>Celkový průřez třísky <math>A_D</math> (do předpracované díry)</b>		<b>(3.28)</b>
<i>Celkový průřez třísky (do předpracované díry)</i> – je odebírán dvoubřitým nástrojem při vrtání do předpracované díry.		
$A_D = \frac{(D - d) \cdot f}{2} \text{ [mm}^2\text{]}$	$D, d, f$ – viz- vztah 3.24, 3.25, 3.26	
<b>Jmenovitá tloušťka třísky <math>h_D</math></b>		<b>(3.29)</b>
$h_D = \frac{f}{2} \cdot \sin \kappa_r \text{ [mm]}$	$\kappa_r$ [°] – nástrojový úhel nastavení hlavního ostří $f$ – viz. vztah 3.24	
<b>Jmenovitá šířka třísky <math>b_D</math> (do plného materiálu)</b>		<b>(3.30)</b>
$b_D = \frac{D}{2 \cdot \sin \kappa_r} \text{ [mm]}$	$D, \kappa_r$ – viz- vztah 3.25, 3.29	
<b>Jmenovitá šířka třísky <math>b_D</math> (do předpracované díry)</b>		<b>(3.31)</b>
$b_D = \frac{D - d}{2 \cdot \sin \kappa_r} \text{ [mm]}$	$D, d, \kappa_r$ – viz- vztah 3.25, 3.26, 3.29	

## PŘÍLOHA 16

Princip funkce ejektorového vrtáku [22].

























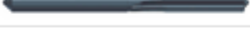











































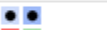



















































































Princip funkce BTA a STS vrtáku [22].



## PŘÍLOHA 17

Katalog výstružníků firmy Ham – Final [29].

Fotografie	Objednáací číslo	Typ produkce	Použití	Detail	Řezné podmínky	Video	Obráběný materiál
	6301	 	 	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6311	 	 	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6302	 	 	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6312	 	 	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6306	 	 	<a href="#">Otevřít</a>			
	6307	 	  	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6308	 	 	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6303	 	  	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6313	 	  	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6335	 	 	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6336	 	 	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6322	 	 	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6323	  	  	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6324	 	 	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6325	 	  	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6401	 	  	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6421	 	  	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6402	 	 	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6422	 	 	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6831	 	 	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6832	 	  	<a href="#">Otevřít</a>	Otevřít		
	6810		 	<a href="#">Otevřít</a>			
	6811		 	<a href="#">Otevřít</a>			
	6813		 	<a href="#">Otevřít</a>			



## PŘÍLOHA 18

Příklad označení výstružníku z katalogu firmy Ham – Final [29].

Strojní výstružníky s břity z SK s kuželovou stopkou									
Objednáací číslo:		6311							
Rozsah:		5-52							
Povlak:		ne							
IK:		ne							
IK k zubům:		ne							
Obráběný materiál:		<div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>							
		<div> <div>HM</div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>							
průměr d1 H7, H8 (mm)	Objednáací číslo Order No. Bestell.-Nr.	Cena Price/Prels (CZK)	Cena Price/Prels (EUR)	I1 (mm)	I2 (mm)	I3 (mm)	Morse kužel Morse Taper Kegelschaft (mm)	Počet zubů Teth Schneiden	Standard
5,00	6311-0500 VK	2130	76,10	133	67,5	12	1	6	Ø
6,00	6311-0600 VK	2130	76,10	138	72,5	16	1	6	Ø
6,00	6311-0600	1662	59,40	138	72,5	16	1	4	●
7,00	6311-0700	1662	59,40	150	84,5	16	1	4	●
8,00	6311-0800	1662	59,40	156	90,5	16	1	4	●
9,00	6311-0900	1662	59,40	162	96,5	19	1	4	●
10,00	6311-1000	1812	64,80	168	102,5	19	1	6	●
11,00	6311-1100	1812	64,80	175	109,5	19	1	6	●
12,00	6311-1200	1812	64,80	182	116,5	19	1	6	●
13,00	6311-1300	2092	74,80	182	116,5	19	1	6	●
14,00	6311-1400	2092	74,80	189	123,5	19	1	6	●
15,00	6311-1500	2140	76,50	204	124	22	2	6	●
16,00	6311-1600	2400	85,80	210	130	22	2	6	●
17,00	6311-1700	2400	85,80	214	134	22	2	6	●
18,00	6311-1800	2580	92,20	219	139	22	2	6	●
19,00	6311-1900	2580	92,20	223	143	22	2	6	●
20,00	6311-2000	2880	102,90	228	148	22	2	6	●
22,00	6311-2200	2880	102,90	237	157	25	2	6	●
24,00	6311-2400	3150	112,50	268	169	25	3	8	●
25,00	6311-2500	3300	117,90	268	169	25	3	8	●
26,00	6311-2600	3470	124,00	273	174	25	3	8	●
28,00	6311-2800	4010	143,30	277	178	30	3	8	●
30,00	6311-3000	4160	148,60	281	182	30	3	8	●
32,00	6311-3200	4600	164,30	317	193	30	4	8	●
34,00	6311-3400	4600	164,30	321	197	30	4	8	Ø
35,00	6311-3500	4770	170,40	321	197	30	4	8	Ø
36,00	6311-3600	4830	172,50	325	201	30	4	8	Ø
38,00	6311-3800	4990	178,30	329	205	30	4	8	Ø
40,00	6311-4000	5120	182,90	329	205	30	4	8	Ø
42,00	6311-4200	5530	197,50	329	205	30	4	10	Ø
44,00	6311-4400	5725	204,50	329	205	30	4	10	Ø
45,00	6311-4500	5900							

## PŘÍLOHA 19

Princip funkce tzv. „zpětného zahlubování“ [22].

